

Energiutredning av Pargas stads fastighetsmassa

Robin Lundqvist



Diplomarbete i värme- och strömningsteknik

Handledare: Frank Pettersson

Fakulteten för naturvetenskaper och teknik

Åbo Akademi

2018

Förord

Denna energiutredning är ett diplomarbete på utbildningslinjen för kemiteknik vid fakulteten för naturvetenskaper och teknik i Åbo Akademi.

Jag vill tacka Pargas stad som gett mig möjligheten att utföra detta arbete. Ett extra stort tack riktar jag till Ted Bergman, Seppo Pihl och övrig personal vid tekniska stödtjänster som assisterat mig under arbetets gång. Vill även tacka diplomarbetets handledare Frank Pettersson som har varit ett stort stöd under hela arbetsprocessen.

Slutligen vill jag tacka min sambo och mina vänner som uppmuntrat och kommit med konstruktiv kritik under diplomarbetet.

Abstrakt

Detta diplomarbete utreder och behandlar energianvändningen i Pargas stads fastighetsmassa med målsättningen att ge riktlinjer vid kommande investeringar. Utredningen omfattar en kartläggning av existerande uppvärmningstekniker och energiförbrukningar men även nya alternativa energikällor och energiförbättringar behandlas.

Energiutredningen sammanfattas i en åtgärdsplan med riktlinjer för kommande investeringar. Slutsatser efter utredningen är att Pargas stad rekommenderas prioritera värmepumpar vid ersättning av olje- och direkt eluppvärmning, avvakta med energiförbättringar i fastigheter som berörs av landskaps- och vårdreformen, evaluera försäljnings- och rivningsmöjligheter i fastigheter utan användningsändamål och gå in för ett större solenergiprojekt.

Innehåll

1	Inledning	1
2	Bakgrund	2
2.1	Utrymmesutredning	3
2.2	Bioenergiutredning	4
2.3	Utredning av uppvärmningsmetoder	4
2.4	Utredning av solenergipotential i fastigheter	5
2.5	Utredning av energibesparing i Pargas stads fastigheter	7
2.6	Avtal om fastighetsautomation	7
2.7	Kommunsektorns energieffektivitetsavtal 2017 - 2025	8
	Koldioxidneutrala kommuner - Hinku	9
2.8	Rekommendation	10
3	Energikartläggning av existerande fastighetsmassa	10
3.1	Kartläggning och analys	11
3.2	Rekommendation	19
4	Byggtekniska lösningar	20
4.1	Utrymmeskostnad	22
	Rekommendation	23
4.2	Rivningsbara och försäljningsbara fastigheter	24
	Rekommendation	25
4.3	Temperatursänkning	25
	Rekommendation	29
4.4	Ventilation	29
	4.4.1 Värmeåtervinning	31
	4.4.2 Rekommendation	33

4.5	Isolering och fönster	34
	Rekommendation	41
4.6	Belysning	42
	4.6.1 Smart teknologi	44
	4.6.2 Rekommendation	44
4.7	Passiva lösningar	45
	Rekommendation	46
5	Alternativa energikällor	46
5.1	Fjärrvärme	47
	5.1.1 Pargas Fjärrvärme Ab	47
	5.1.2 Houtskärs fliskraftverk	52
	5.1.3 Rekommendation	58
5.2	Solenergi	59
	5.2.1 Solvärme	61
	5.2.2 Solel	65
	5.2.3 Montering	68
	5.2.4 Existerande system i Pargas stad	69
	5.2.5 Rekommendation	71
5.3	Värmepumpar	72
	5.3.1 Berg- och jordvärme	77
	5.3.2 Luftvärme	84
	5.3.3 Kylning med hjälp av värmepumpar	86
	5.3.4 Legionellabakterier	87
	5.3.5 Rekommendation	88
5.4	Vindenergi	89
	Rekommendation	91

5.5	Bioenergi	91
5.5.1	Qvidja Kraft Oy	94
5.5.2	Rekommendation	94
6	El	94
6.1	Elöverföring	95
6.2	Elanvändning	99
6.3	Efterfrågeflexibilitet	101
6.4	Rekommendation	102
7	Fastighetsautomation	103
7.1	Existerande fastighetsautomation	104
7.2	Rekommendation	104
8	Oljeuppvärmning	105
	Rekommendation	107
9	Upphandling och finansieringsmodeller	107
9.1	Nycklarna i handen - paket	107
9.2	Leasingavtal	107
9.3	PPA	108
9.4	Kuntahankinnat	108
9.5	Upphandlingsförfarande	109
9.6	Rekommendation	111
10	El- och hybridbilar	111
	Rekommendation	112
11	Landskaps- och vårdreformen	113
	Rekommendation	114

12 Diskussion och föreslagna åtgärder	114
12.1 Storskaligt solenergiprojekt	117
12.2 Flisvärme till Korpo eller Nagu	119
12.3 Ersättning av oljeuppvärmning och direkt eluppvärmning	123
12.4 Byggtekniska åtgärder	131
12.5 Fastighetsautomationens utveckling	132
12.6 Fastighetsanvändares roll vid energiförbrukning	133
12.7 Förberedelse inför kommande utmaningar och möjligheter	134
13 Sammanfattning	136
Bilagor	i
A. Mötesutlåtande	i

1 Inledning

Pargas stad äger en fastighetsmassa på ca. 150 fastigheter utspridda i Pargas kärncentrum, Nagu, Korpo, Houtskär och Iniö. Energikostnaderna i dessa fastigheter är en stor andel av Pargas stads totala kostnader. Pargas stadsfullmäktige beslutade 2018 att Pargas stad ansluts till Kommunsektorns energieffektiveringsavtal där målet är att minska energiförbrukningen med 7,5 % fram till 2025. Till följd av konstant stigande elpriser har Pargas stad ytterligare beslutat om en målsättning att minska elenergiförbrukningen med 2 % per år. Ett annat problem har varit att synliggöra och marknadsföra, både inom och utanför kommunen, de åtgärder som redan tagits och hur dessa har påverkat fastighetsmassan energimässigt.

Av dessa orsaker har energiutredningen beställts av Tekniska stödtjänster för att sammanställa de redan utförda åtgärderna och ta fram förbättringsförslag på hur situationen kan utvecklas mot en mera energieffektiv fastighetsmassa. Flera utredningar har redan tidigare gjorts på initiativ av Pargas stad och dessa har sammanfattats i arbetet för att skapa en överblick över vad som redan gjorts. Målsättningen med arbetet har varit att utföra en energikartläggning av fastighetsmassan för att utreda i vilka fastigheter de största utvecklingsbehoven finns. I samband med kartläggningen har behövliga fastighetsspecifika anslutningsavgifter till energieffektiveringsavtalet samlats in. Utöver detta har nya energitekniker och tekniska lösningar för byggnader behandlats för att Pargas stad ska kunna prioritera investeringar bättre. Behandlingen av nya energitekniker och användning av alternativa energikällor inkluderar fjärrvärme, solenergi, värmepumpar, vindenergi och bioenergi med målet att minska på andelen oljeuppvärmning och inköpt el. I byggtekniska lösningarna har utrymmeskostnader, temperatursänkning, ventilation, isolering, fönster, belysning, fastighetsautomation samt rivning och försäljning av fastigheter behandlats. Elbilar och vårdreformen har också kort behandlats för att utreda nuläget och hur de kommer påverka Pargas stads fastighetsmassa.

Energiutredningen av Pargas stads fastighetsmassa i detta arbete visar tydligt att de omkring 40 oljeuppvärmda fastigheterna medför en stor bränslekostnad och en negativ miljöpåverkan vilket borde åtgärdas så fort det är budgetmässigt möjligt. En stor andel av Pargas stads fastigheter är äldre byggnader med reparationsbehov och i samband med dessa renoveringar kunde energiförbättringar utföras. Behandlingen av energitekniker och alternativa energikällor klargör kostnader och besparingar inklusive rekommendationer som kan fungera som riktlinjer för Pargas stad att utgå från vid renoveringar och investeringar. Ett tydligt resultat från utredningen är att redan utförda bergvärme- och solenergiinvesteringar har varit lyckade. Pargas stad rekommenderas även i fortsättningen lägga fokus på dessa tekniker till-

sammans med en utveckling av fastighetsautomationen. Fastighetsautomationen bidrar till mindre jourbehov, lättare uppföljning och en mera flexibel energianvändning som kommer bli allt mer väsentlig när elmarknaden utvecklas.

2 Bakgrund

I Pargas stads budget för 2018 och ekonomiplan för 2019 - 2020 framförs det att stadens relativa skuldsättningsgrad ligger på 51,4 % vilket är högre än kriteriet på 50 % för kriskommun och skuldsättningsgraden förväntas fortfarande stiga under de kommande åren. Den höga skuldsättningsgraden beror dels på negativa resultat men även på en hög investeringsbudget 2018. För att vända denna trend krävs det från stadens sida en prioritering av investeringar och mer ansvarsfull skötsel av ekonomin. I budgeten för 2018 uppgår den totala investeringssumman till 5,8 miljoner euro netto och endast 2,4 miljoner euro täcks av årsbidraget. Detta tyder på att staden har svårt att finansiera investeringar, något som bör beaktas vid frågor som berör energieffektivitetsinvesteringar och finansieringsmodeller.

Målsättningar relevanta till detta arbete som Pargas stad har fastställt i ekonomiplanen för 2018 - 2020 är optimerad fastighetsekonomi med hjälp av fastighetsautomation och energibesparingar. Målnivåer för dessa är en minskad elenergiförbrukning på 2 % per år och en årlig minskning av jourbehov och fastighetsunderhåll på 10 %. Dessutom strävar staden till att ta i bruk 1 - 2 alternativa energikällor för uppvärmning av sina fastigheter. I ekonomiplanen nämns även att fastighetsmassans energieffektivitet bör gås igenom och en tydlig plan på hur läget kan förbättras ska uppgöras. Fastigheter som hyrs av social- och hälsovårdsavdelningen utvecklas enligt vårdreformens framskridning.

För att bättre kunna prioritera investeringar och evaluera den nuvarande fastighetsmassans energieffektivitet har en energikartläggning gjorts i detta arbete. Dessutom har nya alternativa energitekniker behandlats och analyserats vilket kan hjälpa Pargas stad gå vidare med utvecklingen av fastighetsmassan.

För att undvika onödig resursanvändning är det viktigt att anställda inom Pargas stad är medvetna om vad som redan gjorts inom kommunen så att inte utredningar, kalkyler och datainsamlingar upprepas i onödan. För kommuninvånare är det även intressant att se vilka avancemang kommunen tagit och kommer ta för en mera hållbar energianvändning och hur dessa förbättrar nuläget. Det lönar sig för Pargas stad att marknadsföra de åtgärder och investeringar som görs även utanför den egna organisationen.

Pargas stad har redan under flera år tagit steg i rätt riktning mot en energieffektivare fastighetsmassa. Till konkreta tekniska åtgärder hör bland annat att två tak försetts med solpaneler för elproduktion och så har oljeuppvärmning ersatts med bergvärmepumpar i 10 fastigheter. Utöver dessa åtgärder har ett antal utredningar och avtal gjorts för att staden bättre ska kunna ta ställning till hur de bör gå vidare i relevanta energifrågor. Bland annat har det gjorts en utredning av uppvärmningsmetoder, utredning av energibesparing i fastigheter samt en solpanels-, bioenergi- och utrymmesutredning. För att möjliggöra fjärrstyrning och teknisk uppföljning av fastigheter har Pargas stad även ingått ett avtal om fastighetsautomation. Målet med avtalet är att minska på jourbehovet och optimera energianvändningen i vissa utvalda fastigheter.

Solpanelerna som monterats på Pargas stadshus och Nagu områdeskontor minskar sammanlagt behovet av inköpt el med ca. $24\,000 \frac{\text{kWh}}{\text{år}}$ vilket motsvarar en kostnad på $2\,400 \frac{\text{€}}{\text{år}}$. Vid ett byte av uppvärmningsmetod från olja till bergvärme förändras den primära energikällan från olja till el och modern bergvärmeteknik kan medföra ett minskat behov av inköpt energi på upp till 70 %. Med tanke på att Pargas stad för tillfället endast köper grön el producerad till 100 % med förnybara energikällor har dessa investeringar varit väldigt bra både ur ett miljö- och ekonomiperspektiv.

I kapitel 2.1-2.5 presenteras de gjorda utredningarna kort sammanfattade, vad syftet med dem varit och vad resultaten lett till. Kapitel 2.6 och 2.7 sammanfattar de avtal som Pargas stad gjort gällande energieffektivering.

2.1 Utrymmesutredning

År 2009 gjorde Pargas stad tillsammans med konsultföretaget Trellum Consulting Oy en utredning av utrymmeseffektivitet i stadens skolor, daghem och ålderdomsbyggnader. I utredningen beräknades det hur stor byggnadsytan är jämfört med antalet fastighetsanvändare. Dessa värden jämfördes sedan med medeltal från liknande utredningar gjorda av Trellum i andra kommuner och städer. Resultaten visade att Pargas stads skolor låg 31 % över, daghemmen 5 % över och ålderdomshemmen 24 % över medelnivån från Trellums övriga utredningar. [28]

2.2 Bioenergiutredning

På initiativ av Pargas stads näringslivstjänster och i samarbete med ett EU-finansierat projekt (EETU) gjorde Anders Bäckman 2014 en bioenergiutredning över Pargas stads förutsättningar för användning av lokal bioenergi. I utredningen behandlades teori, olika tekniker för utvinning av bioenergi samt vilka lagar och bestämmelser det finns angående detta område. Dessutom uppgjordes lönsamhetskalkyler för olika sorters bioenergiproduktion inom Pargas stad. Mer detaljer om denna bioenergiutredning hittas i kapitel 5.5. [13]

2.3 Utredning av uppvärmningsmetoder

År 2015 gjorde Enegia en utredning om effektivisering av uppvärmningsmetoder i Pargas stads fastigheter [72]. Målet med utredningen var att analysera nya potentiella uppvärmningsmöjligheter, främst i oljeuppvärmda fastigheter, för att förbättra energieffektiviteten och minska på oljeanvändningen. Totalt behandlades 11 fastighetsmål och nya uppvärmningstekniker som togs upp var bergvärme, flisvärme, solenergi, luft-vattenvärmepumpar och frånluftsvärmepumpar. Slutsatser och föreslagna tidtabeller från utredningen presenteras i tabell 1.

Tabell 1: Sammanfattning av fastighetsspecifika planer och föreslagna tidtabeller

Fastighet	Plan	Tidtabell
Skräbböle skola	Hela uppvärmningssystemet borde göras om i samband med nybygget	2016
Nagu områdeskontor	Bra område för fjärrvärme producerad med t.ex. flis	Noggrannare utredning
Grannas, högstadiet och lågstadiet	Utomstående värmeproducent	Q2/2016
Daghemmet karusellen	Bergvärme	Senare
Korpo stabshus	Passande mål för bergvärme, oljepannan i dåligt skick	Q2/2016
Korpo regnbågen	Bergvärme, fjärrvärme ifall utrymme finns	Vidareutredning 2017
Korpo skolcenter	Flisvärmecentral och eventuella solvärmesystem på taket	2018

I utredningen drogs slutsatsen med hjälp av lönsamhetskalkyler att ett byte från oljeuppvärmning till någon alternativ uppvärmningsmetod alltid medför intressanta ekonomiska och miljömässiga besparingar. Investeringarnas återbetalningstider rörde sig alla runt 10 år i uträkningarna men de är väldigt beroende av bränsleprisens utveckling. Vid ett byte av uppvärmningssystem är det viktigt att beakta eventuella risker, förändringar och utrymmesbehovet för det nya systemet. Varje fastighet bör behandlas som en egen helhet för att bytet ska fungera så optimalt som möjligt.

Två av planerna från utredningen har förverkligats fram till 2018. I Skräbböle skolas nybyggnad installerades 2016 en bergvärmepump som uppvärmningskälla. Oljeuppvärmningen behölls i den äldre byggnaden även om utredningen ledde till en rekommendation om att hela skolhelhetens uppvärmningssystem skulle ses över och förnyas i samband med nybygget. I Korpo stabshus ersattes oljeuppvärmningen med bergvärme i slutet av 2017 vilket redan under de första fem månaderna av 2018 medfört en besparing på ca. 5 000 €. I Pargas stads ekonomiplan för 2018 - 2020 finns det en investeringsplan var det ingår investering i bergvärme för 95 000 € och i solpaneler för 25 000 € till Korpo skolcenter under åren 2019 respektive 2020.

Ifall planerna att anskaffa bergvärme och solpaneler till Korpo skolcenter förverkligas är det positivt att se så många av de föreslagna åtgärderna konkretiserade.

2.4 Utredning av solenergipotential i fastigheter

Schneider Electric gjorde 2016 tillsammans med Pargas stad en solpanelsutredning gällande Pargas stads fastigheter. Där granskades det hur mycket solenergi som kan användas till elproduktion baserat på den timvisa elförbrukningen i fastigheter. I utredningen framtoogs passliga effektstorlekar för solcellssystem vid respektive fastighet. Tabell 2 presenteras resultaten från utredningen.

Tabell 2: Estimerad effekt och årlig produktion för solcellssystem [33]

Plats	Fastighet	Estimerad effekt (kW)	Estimerad produktion ($\frac{\text{kWh}}{\text{år}}$)
Pargas	Familjehuset ankaret	2	1 900
Pargas	Våno skola	3,5	3 325
Pargas	Nilsby nya skola	7	6 650
Pargas	Nilsby gamla skola	0,4	380
Pargas	Kirjala daghem	15	14 250
Pargas	Malmkulla	75	71 250
Pargas	Pargas hälsocentral	30	28 500
Pargas	Servicehus (1/3)	4	3 800
Pargas	Servicehus (2/3)	10	9 500
Pargas	Servicehus (3/3)	37	35 150
Pargas	Björkebo	30	28 500
Nagu	Bollhall och bibliotek	7	6 650
Nagu	Grannas, HVC, centralkök	27	25 650
Nagu	Nagu områdeskontor	5	4 750
Korpo	Regnbågen	27	25 650
Korpo	Skärgårdshavets skola	30	28 500
Korpo	Stabshus	5	4750
Iniö	Aftonro	11	10 450
Houtskär	Fridhem	24	22 800

Baserat på utredningens resultat gjorde Pargas stad en investeringsplan för 2017 - 2019 med lämpliga fastigheter för solcellssystem. Totalt fanns det 16 fastigheter med i planen och uppdelningen mellan investeringstidpunkter var 6 fastigheter 2017, 6 fastigheter 2018 och 4 fastigheter 2019. I oktober 2018 är det endast Nagu områdeskontor som försetts med ett solcellssystem. Detta är väsentligt att poängtera eftersom dylika utredningar inom en så innovativ sektor endast är relevanta i några år innan tekniker, kostnader och byggnadsspecifika detaljer skiljer sig från grunddatat.

Det kan diskuteras huruvida det lönar sig för Pargas stad att anlita någon extern part för en utredning av denna sort. Beräkningarna är inte svåra och timvis elförbrukning i fastigheterna finns tillgänglig för stadens anställda via Carunas energiuppföljningstjänst. Eventuellt kunde

solpanelseffekterna utretts av någon anställd vid Pargas stad men till kostnaden av mindre resurser till övrigt arbete.

2.5 Utredning av energibesparing i Pargas stads fastigheter

Våren 2018 skrev Joakim Enckell, byggmästare på Pargas stad, ett slutarbete där energibesparingspotentialen och energieffektiviteten i Pargas stads fastigheter undersöktes. I arbetet drogs slutsatsen att Pargas stad, för att uppnå de största besparingarna, borde prioritera effektivisering av uppvärmningen i fastigheter samt införskaffning av solcellssystem och LED-teknik. Enckells rekommendation var att staden borde investera speciellt i jord- och bergvärme samt solcellssystem. Dessutom kunde det undersökas ifall ett utökat samarbete med Motiva skulle vara lönsamt trots den extra arbetsbörda det medför för stadens anställda. [17]

2.6 Avtal om fastighetsautomation

Pargas stad har sedan 2008 haft ett avtal om fastighetsautomation med Tac Finland Oy, numera Schneider Electric. Totalt 38 fastigheter är anslutna till Schneiders kontrollpanel med varierande uppföljnings- och styrmöjligheter och dessa fastigheter presenteras i tabell 3. Av dessa har även 13 fastigheter effektivitetsavtal med Schneider där energiförbrukningen aktivt optimeras och sparnivåer uppförs. Fastighetsautomationen behandlas mer i kapitel 7.

Tabell 3: Sammanfattning av de fastigheter i Pargas stads ägo som är kopplade till Schneiders kontrollpaneler

StruxureWare-kontrollpanel	Vista-kontrollpanel	Vista-kontrollpanel
Iniö aftonro	Björkebo	Pargas stadshus
Iniö skola	Folkhälsanhuset	Knattebo daghem
Kombila	Stadens lager / depån	Lilla åboland
Korpo skola	Kirjala nya skola	Pargas brandstation
Korpo brandstation	Björkhagens skola	Peikkorinne daghem
Korpo stabshus	Björkhagens daghem	Regnbågen
Korpo hälsocentral	Malms skola	Sarlinska skolan
Nagu områdeskontor	Malmkulla	Servicehus fridhem
Nagu daghem karusellen	Nagu lågstadium	Skräbböle skola
Pargas skolcenter	Nagu högstadium	Finska gymnasiet
	Nagu bibliotek och bollhall	Finska högstadiet
	Grannas	Pargas svenska gymnasium
	Houtskär daghem	Pargas hälsocentral
	Träsk skola	Sagoängens daghem

2.7 Kommunsektorns energieffektivitetsavtal 2017 - 2025

Efter behandling av bygg- och miljönämnden, stadsstyrelsen och stadsfullmäktige beslöt sig Pargas stad under våren 2018 att ansluta sig till kommunsektorns energieffektivitetsavtal (KETS). Till följd av detta bör de nödvändiga anslutningsuppgifterna samlas in. Dessa innefattar energiförbrukningen för servicebyggnader, bostadshus och övrig energianvändning som t.ex. gatubelysning samt vatten- och avfallshantering. Dessutom bör energiförbrukningen för bolag eller affärsföretag som producerar kommunala tjänster samlas in. Hel- eller delägd fjärrvärmeproduktion och distribution hör inte till kommunsektorns energieffektivitetsavtal. Den anslutande parten förbinder sig ändå att medverka i denna verksamhets anslutning till åtgärdsprogrammet i Näringslivets energieffektivitetsavtal gällande energiproduktion och energitjänster. I samband med anslutning till kommunsektorns energieffektivitetsavtal bör kommunen ställa upp mål för den planerade energibesparingen. Som minimimål har en energibesparing på 4 % innan 2020 och 7,5 % innan 2025 fastställts.

Målen med kommunsektorns energieffektivitetsavtal är delvis att se till att de uppställda energibesparingsmålen på nationell nivå uppnås under perioden 2014 - 2020 men också att

märkbart bidra på en nationell nivå till att de energibesparingsmål som EU fastställt fram till 2030 uppnås. Dessutom kan kommuner fungera som föregångare för sina invånare genom att leda med gott exempel inom energieffektivitet och användning av förnybara energikällor. Samtidigt fungerar kommunen som ett sakkunnigt organ genom att sprida information och kunskap om energieffektivitet.

Enbart sett till fastigheterna i Pargas stads ägo skulle en energibesparing på 4 % fram till 2020 motsvara en årlig energimängd på ca. 750 MWh och en besparing på 7,5 % fram till 2025 skulle motsvara en årlig energimängd på ca. 1400 MWh. Rent ekonomiskt motsvarar detta en kostnadsbesparing på 50 - 70 000 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$ respektive 100 - 130 000 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$. Dessa gränser kan ses som energieffektivitetsmål för Pargas stad. Några åtgärder som kan räknas till energibesparingar i energieffektivitetsavtalet finns sammanfattade i tabell 4 [19].

Tabell 4: Exempel på energibesparingsåtgärder

Åtgärd
Byte från oljeuppvärmning till värmepump
Egenproducerad förnybar energi som solpaneler eller vindkraft
Värmeåtervinning
Rivning av byggnader som inte är eller kommer vara i användning
Förnyelse av apparater eller energirenoveringar
Drifttekniska åtgärder som temperatursänkning och ventilation

Koldioxidneutrala kommuner - Hinku

Hinku eller Kohti Hiilineutraalia Kuntaa, är ett projekt med mål att minska på kommuners koldioxidutsläpp och på så sätt bidra till att nationella och EU-mål uppnås. Den huvudsakliga målsättningen är att innan 2030 minska på koldioxidutsläppen med 80 % från nivåerna 2007. År 2017 hade totalt 37 kommuner med sammanlagt 678 000 invånare anslutit sig till Hinku-projektet. Pargas stad har ännu inte beslutat att gå med i projektet men kommunsektorns energieffektivitetsavtal, ett av kriterierna för anslutning till Hinku-projektet, kan ändå ses som ett första steg mot minskade koldioxidutsläpp. Deltagande i HINKU-projektet skulle kräva att Pargas stad utser en Hinku-kontaktperson och arbetsgrupp som årligen gör en utvecklingsplan om hur utsläppen ska minskas och ser till att behövligt data samlas in.[77]

2.8 Rekommendation

Energiutredningar är väldigt bra redskap för att utreda möjligheter, kostnader och lönsamhet gällande diverse energieffektiveringsinvesteringar. Däremot är utredningar som inte leder till något konkret förverkligande en onödig kostnad för staden. Speciellt inom energisektorn där tekniken just nu utvecklas snabbt och en utredning om nya alternativa energimetoder kanske bara är aktuell i några år. I de fall utredningar görs är det bra att ha klara planer om hur staden går vidare efter utredningen och om det överhuvudtaget är budgetmässigt möjligt att förverkliga eventuella investeringar.

Redan nu kunde Pargas stad börja följa med de koldioxidutsläpp fastighetsmassan ger upphov till och hur dessa förändras i takt med nya investeringar. Detta kan göras i samarbete med Schneider Electric via deras fastighetsautomation och energirapporter.

3 Energikartläggning av existerande fastighetsmassa

För att få en bättre överblick över Pargas stads fastigheters energiprestanda och energieffektivitet har det i diplomarbetet gjorts en energikartläggning av fastigheterna i stadens ägo. Insamlat energidata är från 2017. Fastigheterna delades in i fem olika klasser baserat på total årlig energiförbrukning enligt följande:

A+ [$> 300 \frac{\text{MWh}}{\text{år}}$]

A [$100 - 300 \frac{\text{MWh}}{\text{år}}$]

B [$< 100 \frac{\text{MWh}}{\text{år}}$]

C [Fastigheter som planeras säljas]

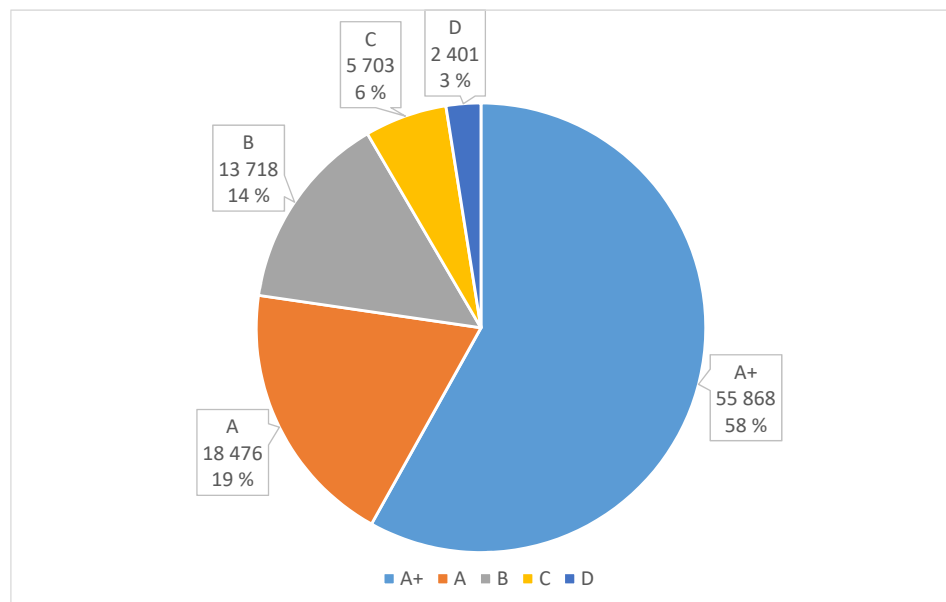
D [Fastigheter som planeras rivas].

Med hjälp av personal på Tekniska stödtjänster har en tabell uppgjorts med fastighetsspecifikt data. I denna tabell har inkluderats t.ex. byggnadsålder, bruttoarea, volym, elavtal, säkringsstorlek, uppvärmningsmetod samt förbrukad mängd värme och el. Fastigheternas värmeförbrukning har samlats in från Pargas fjärrvärmes rapporter, fastigheternas oljefakturer och från bergvärmepumparnas fjärravläsning via Schneider Electric:s kontrollpanel.

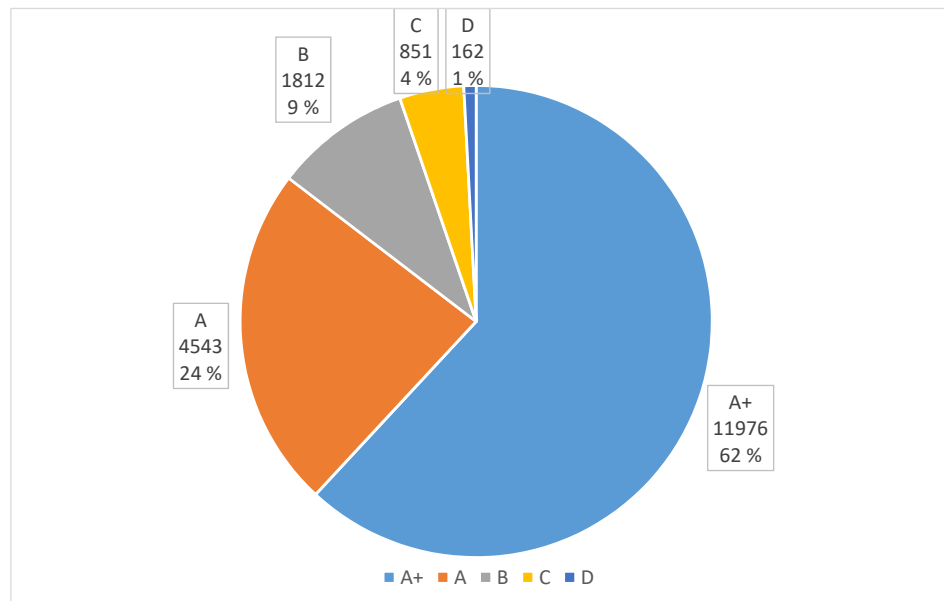
Elförbrukningen erhöjls från Carunas och Oulu Energias energiuppföljningstjänster. Ur datat har sedan olika jämförelsetal som energiförbrukning och energikostnad per bruttoarea beräknats så att fastigheterna lättare kan jämföras sinsemellan.

3.1 Kartläggning och analys

I figur 1 presenteras de olika fastighetklassernas bruttoarea och andel av total bruttoarea. Det kan ses att klassen A+ utgör över hälften av fastigheterna sett till bruttoarea. Klass A+ står enligt figur 2 tillsammans med A-klassen för över 80 % av energiförbrukningen i stadens fastigheter och kan anses inneha den största besparingspotentialen. Värt att notera med B-klassen är att de flesta fastigheter är el- eller oljeuppvärmda. I dessa fastigheter är det först och främst lönsamt att utreda eventuella alternativa uppvärmningsmetoder för att förbättra energieffektiviteten.



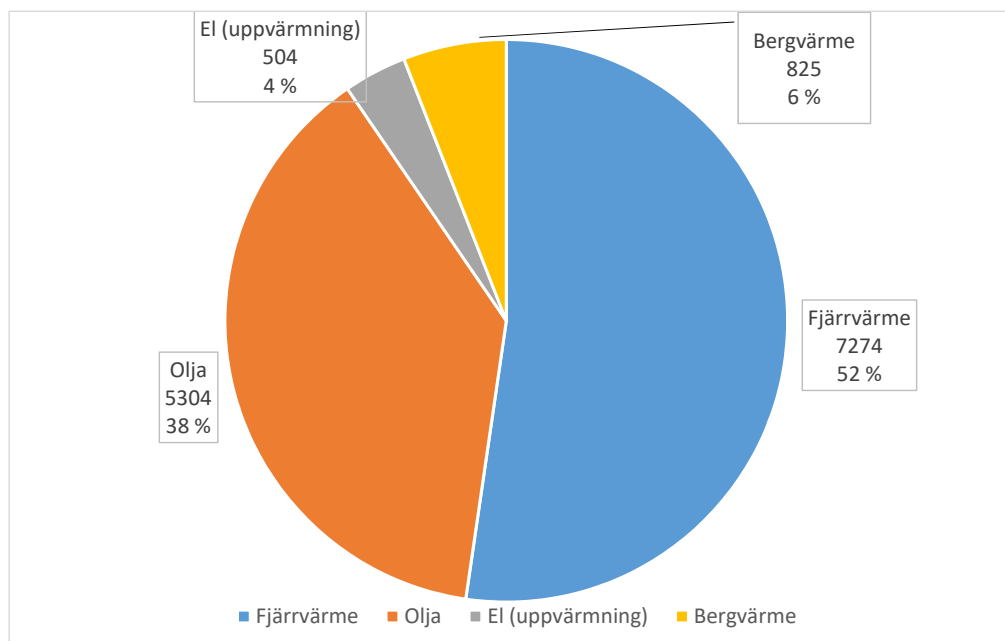
Figur 1: Bruttoarea (m²) och andel (%) enligt fastighetsklass 2017



Figur 2: Total energiförbrukning (MWh) och andel (%) enligt fastighetsklass 2017

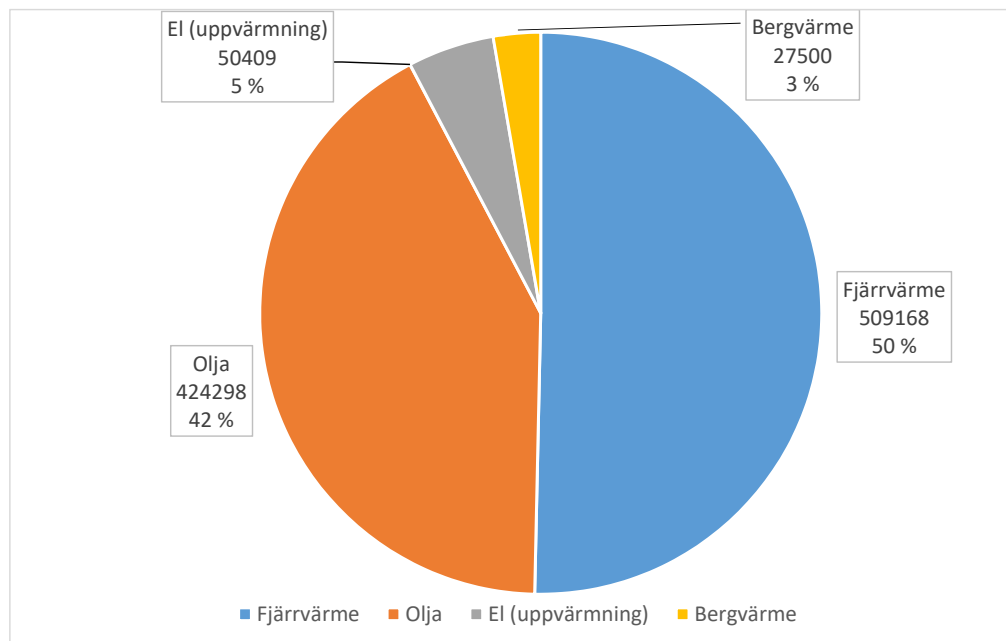
En intressant aspekt är att klassen A+ innehar 58 % av bruttoarean men står för 62 % av energiförbrukningen och klassen A står för 19 % av bruttoarean men 24 % av energiförbrukningen. Den högre energiförbrukningsandelen tyder på att stadens större fastigheter i medeltal har en högre energiförbrukning än genomsnittet.

Energifördelningen mellan uppvärmningsmetoder i stadens fastigheter presenteras i figur 3. I figuren kan ses att uppvärmningen består till över 50 % av fjärrvärme. Eftersom fjärrvärmen produceras lokalt och till stor del med spillvärme och biobränslen är det positivt att se den delen så stor. Målsättningen för Pargas stad är att minska på oljeförbrukningen som utgör 38 % av totala energiförbrukningen. Andelen direkt eluppvärmning, som är en ineffektiv uppvärmningsmetod, kunde också minskas med tanke på stigande elkostnader. Moderna värmepumpar kan minska på elförbrukningen till mindre än en tredjedel jämfört med elförbrukningen vid direkt eluppvärmning.



Figur 3: Total förbrukad uppvärmningsenergi (MWh) och andel (%) enligt uppvärmningsmetod 2017

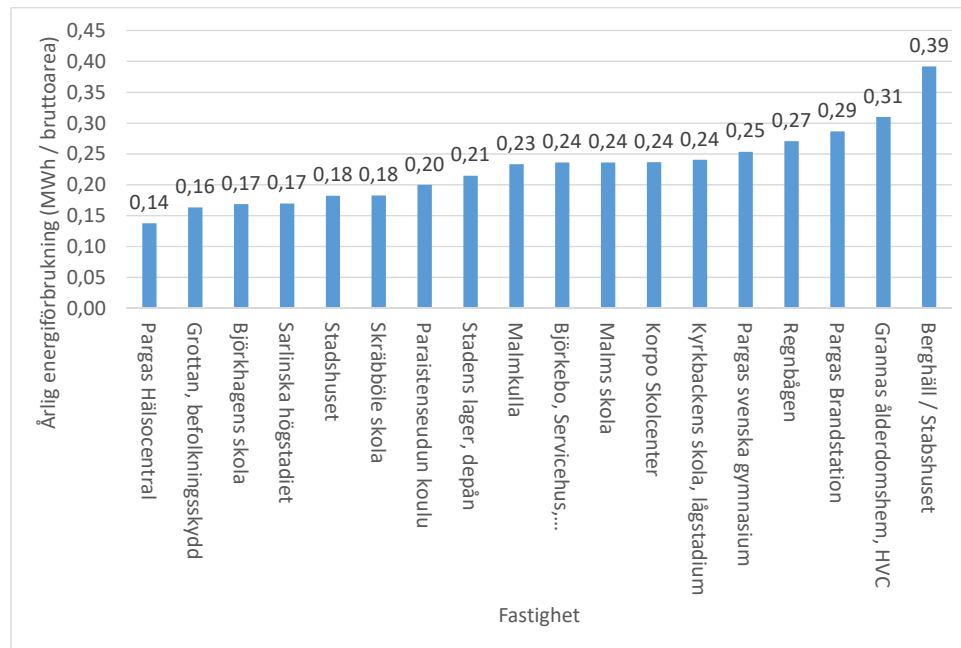
I figur 4 har de totala årliga kostnaderna för respektive uppvärmningsmetod beräknats. I kalkylerna har det antagits att energikostnaderna är $70 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$ för fjärrvärme, $80 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$ för olja och $100 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$ för el.



Figur 4: Total uppvärmningskostnad (€) och andel (%) enligt uppvärmningsmetod 2017

Intressant är kostnadsandelen för bergvärme som endast är hälften av energiandelen vilket tyder på att bergvärme är billigt och effektivt i drift även om investeringskostnaden kan vara hög.

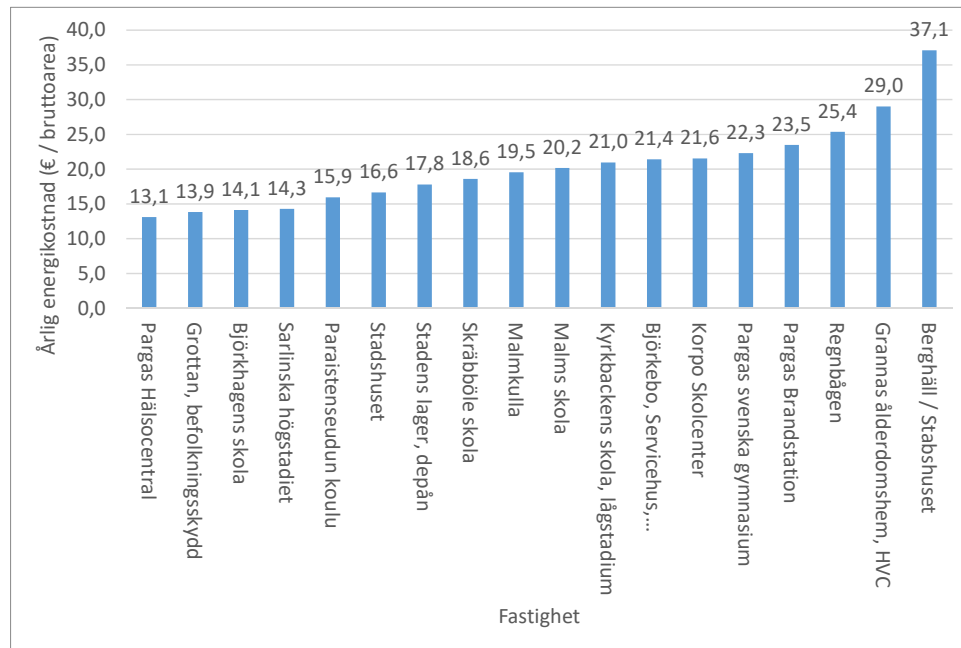
Figur 5 och 6 presenterar jämförelsetal för totala energiförbrukningen och energikostnaden per bruttoarea 2017 för de byggnader som hör till fastighetsklass A+.



Figur 5: Total energiförbrukning (MWh) per bruttoarea (m^2) för fastighetsklass A+ 2017

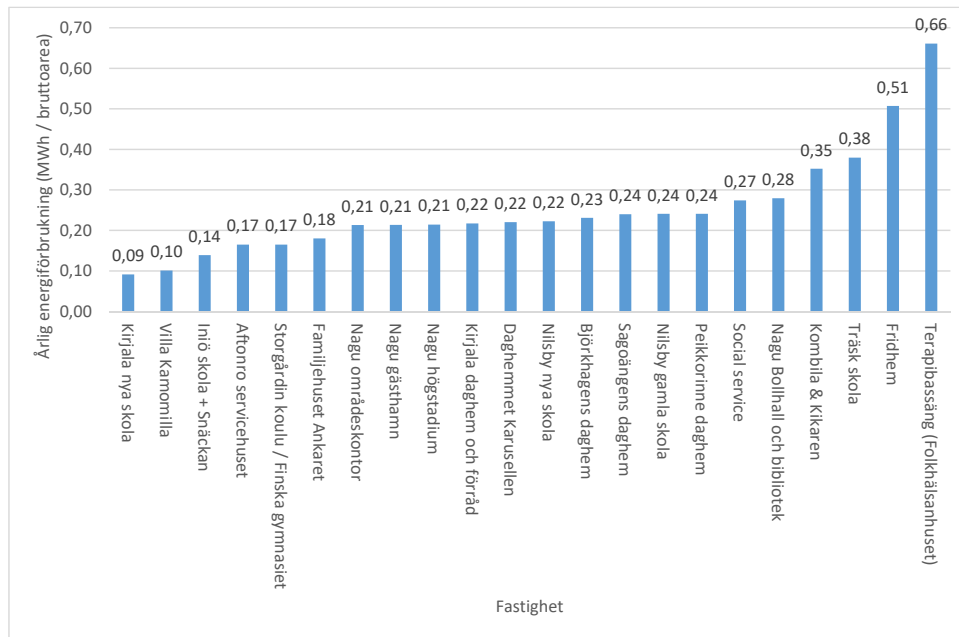
Korpo stabshus har den högsta energiförbrukningen per bruttoarea i figur 5 men i slutet av 2017 ersattes oljeuppvärmningen med ett bergvärmepumpsystem vilket har förbättrat energieffektiviteten avsevärt. Uppvärmningsenergin har minskat till under hälften efter investeringen så 2018 kan den totala energiförbrukningen per bruttoarea antas ligga mellan 0,20 och 0,25. Malmkullas energiförbrukning per bruttoarea ligger på en skälig nivå men sett till byggnadens volym är energiförbrukningen 52 % högre än medeltalet vilket till en del kan förklaras av att det är verksamhet dygnet runt i byggnaden. Pargas hälsocentral däremot som också har mycket verksamhet har 69 % lägre fjärrvärmeförbrukning än Malmkulla trots att byggnaden endast är 27 % mindre sett till bruttoarea och 21 % mindre sett till volym.

Jämförs skolorna sinsemellan är det intressant att se Sarlinska högstadiets låga energiförbrukning jämfört med Pargas svenska gymnasium. I Pargas svenska gymnasium finns det ett centralkök som förbrukar en stor mängd energi varje dag i samband med tillredning av mat. Tillredningen av mat i centralköket sköts av Arkea som betalar en överenskommen hyra för köket där det ingår bl.a. el, vatten och avfallshantering.

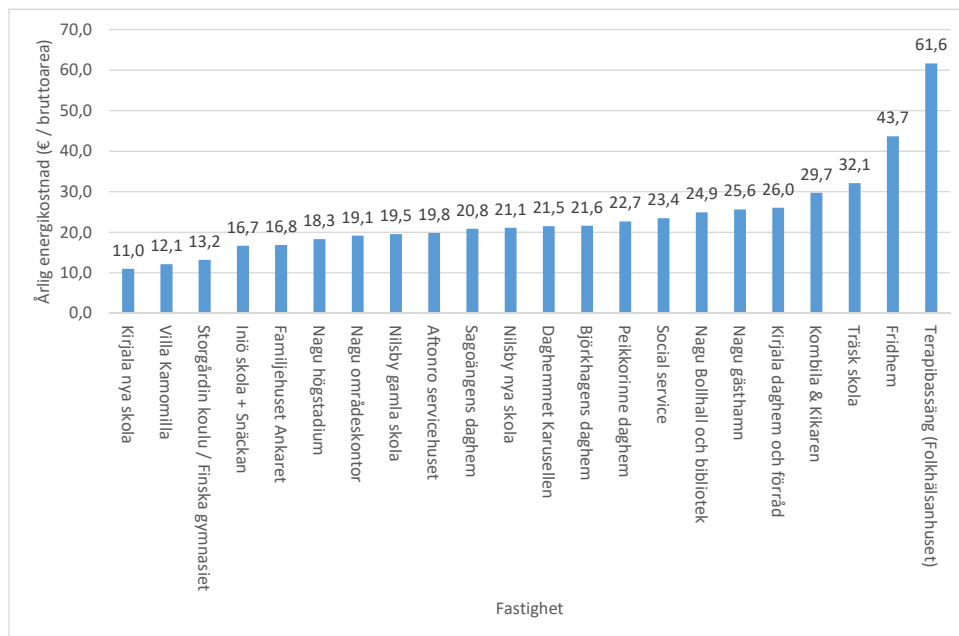


Figur 6: Total energikostnad (€) per bruttoarea (m²) för fastighetsklass A+ 2017

Skillnad i kostnader för olika uppvärmningsmetoder ses också tydligt i figur 6. Till exempel Pargas brandstation som är kopplad till fjärrvärmenätverket har en lägre energikostnad än Regnbågen med oljeuppvärmning trots den högre förbrukningen i brandstationen.



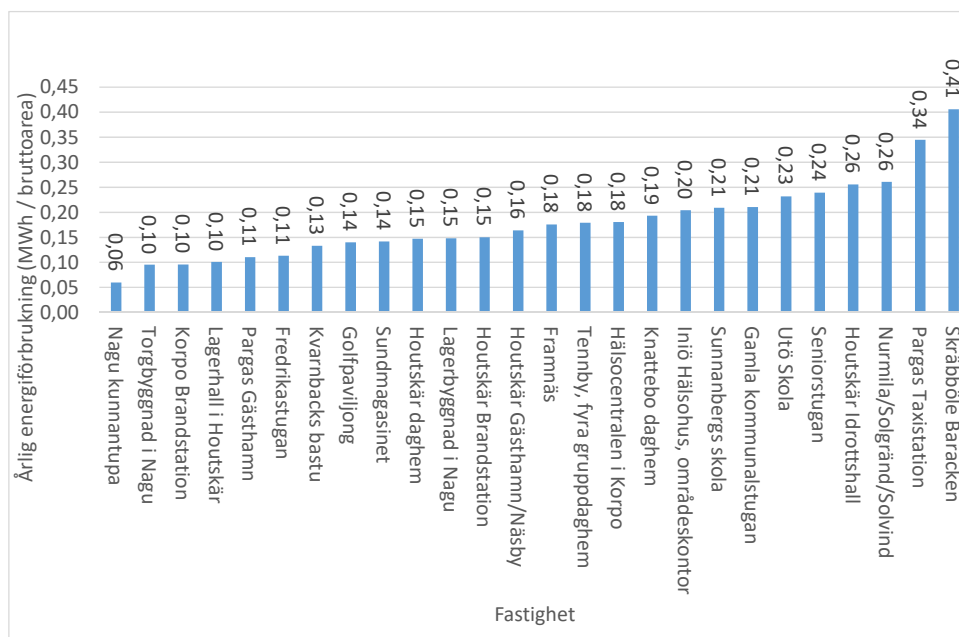
Figur 7: Total energiförbrukning (MWh) per bruttoarea (m²) för fastighetsklass A 2017



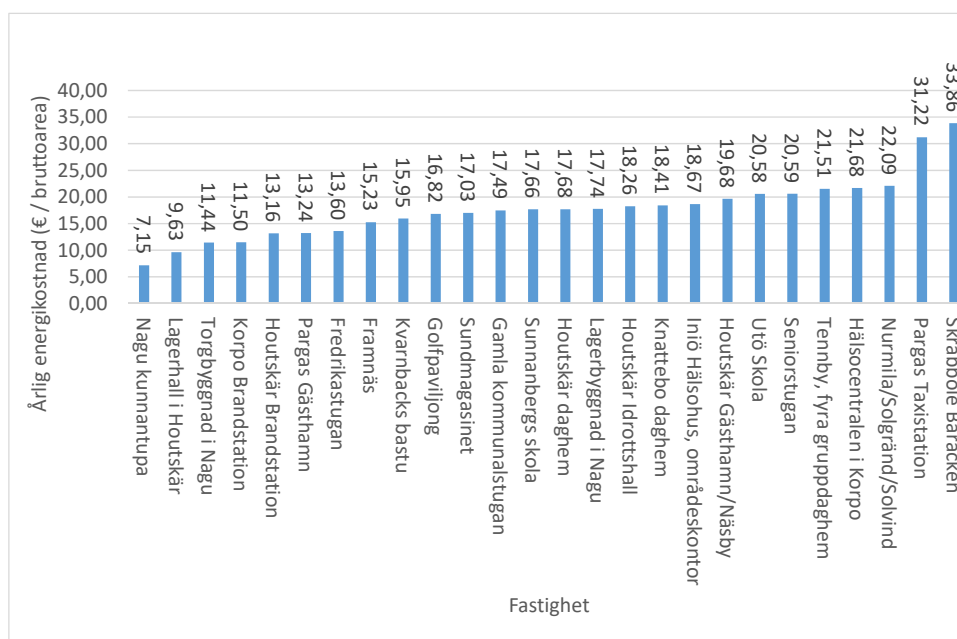
Figur 8: Total energikostnad (€) per bruttoarea (m²) för fastighetsklass A 2017

I figur 7 och 8 med energiförbrukningar och energikostnader för fastighetsklass A har tera-pibassängen den överlägset högsta energiförbrukningen. Simbassängen kostar ca. 10 000 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$ för Pargas stad endast i värmekostnader. Även om simbassängen är mycket i användning är det viktigt att poängtera hur dyra simbassänger och simhallar är i drift. En annan avvikelse är Kombila & Kikaren som förbrukar ca. 70 % mer fjärrvärme än medeltalet av de andra fjärrvärmeuppvärmda fastigheterna i stadens ägo. I kapitel 5.1.2 presenteras lönsamhetskalkyler för Houtskärs fliskraftverk som producerar värme till Fridhem och Träsk skola. Även om dessa kalkyler visat att produktionen varit lönsam jämfört med oljeuppvärmning så kan det noteras att energiförbrukningen i både Fridhem och Träsk skola är förvånansvärt hög.

Överlag presterar de fastigheter med bergvärme energimässigt bäst. I medeltal har de 46 % lägre energiförbrukning per bruttoarea än medeltalet från alla fastighetsklasser. I fastighetsklass A sköts uppvärmningen med bergvärmepump i Kirjala nya skola, Villa kamomilla, Iniö skola och Aftonro servicehus.



Figur 9: Total energiförbrukning (MWh) per bruttoarea (m²) för fastighetsklass B 2017



Figur 10: Total energikostnad (€) per bruttoarea (m²) för fastighetsklass B 2017

Inom fastighetsklass B i Figur 9 och 10 är det Pargas taxistation och Skräbböle baracken som klart skiljer sig från mängden. De är båda fastigheter i väldigt dåligt skick med stora dörr- och fönsterspringor varifrån det läcker ut värme. Detta ses på energiförbrukningen som är 128 % högre i Skräbböle baracken jämfört med medeltalet.

3.2 Rekommendation

Energikartläggningen kan användas av Pargas stad för att lättare prioritera fastigheter vid energiinvesteringar. De fastigheter som har betydligt högre energiförbrukningar per bruttoarea än medeltalet kan undersökas noggrannare för att hitta eventuella problem och lösningar. Dessutom kan energikostnaden jämföras med rivningskostnader och byggkostnader för att evaluera ifall det är lönsamt att riva fastigheten på grund av höga driftkostnader. För att minska på och effektivisera energiförbrukningen kan de tekniker och åtgärder som presenteras i kapitel 4 och 5 användas.

4 Byggtekniska lösningar

Alternativa energikällor och nya tekniska system är bra lösningar för en miljövänligare och kostnadseffektivare fastighetsmassa men ifall fastigheten är i byggtekniskt dåligt skick kommer förbrukningen fortfarande vara hög. Byggtekniska energilösningar kan t.ex. omfatta förbättring av ventilation, isolering, belysning och temperaturreglering.

En byggnads E-tal anger den totala energiförbrukningen i byggnaden per nettoarea för ett år. Nettoarean är golvarean beräknat enligt ytterväggarnas inneryta i de uppvärmda delarna av byggnaden. E-talet beräknas genom att ta summan av all inköpt energi och multiplicera den med en energiformsfaktor som bestäms enligt uppvärmningsmetod och exempel på dessa faktorer presenteras i tabell 5. I ett energicertifikat klassificeras byggnadens energiprestanda från A till G enligt E-talet där A-klassen är bäst. A-klassen indelas också i vissa fall i A+++, A++ och A+. Ifall det är fråga om ett nybygge beräknas E-talet enligt bestämd procedur i miljöministeriets förordning om energicertifikat för byggnader. [30]

Tabell 5: Energiformsfaktorer för olika uppvärmningsmetoder [32]

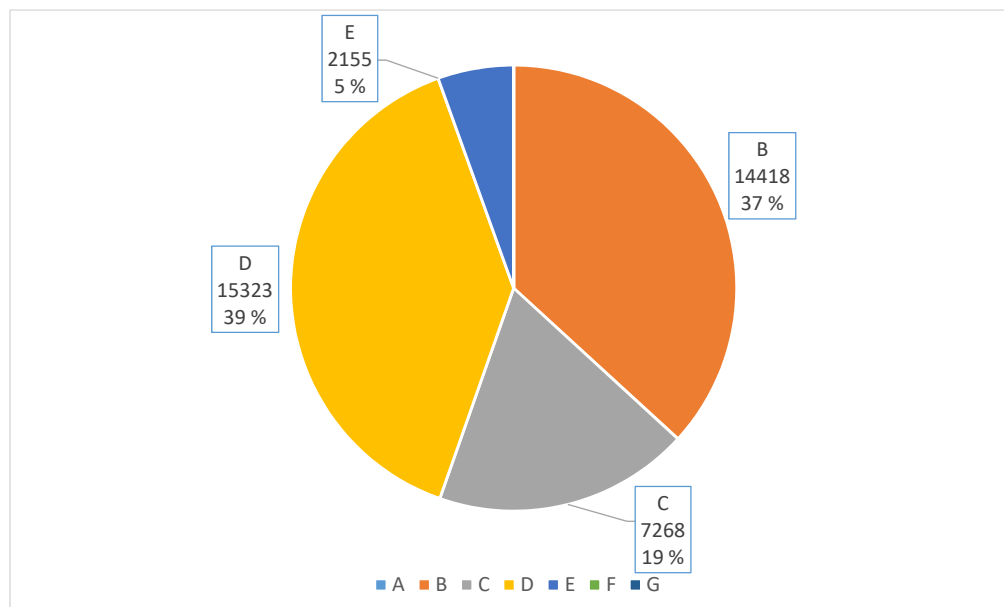
Uppvärmningsmetod	Energiformsfaktor
El	1,2
Fjärrvärme	0,5
Fjärrkyla	0,28
Fossila bränslen	1,0
Förnybara bränslen	0,5

I kartläggningen från kapitel 3 har fastigheternas energijämförelsetal ($\frac{\text{MWh}}{\text{m}^2}$) beräknats enligt bruttoarean för att ge en överblick av energiförbrukningens situation i stadens fastigheter. I jämförelsetalen från kartläggningen har inte energiformsfaktorer tagits i beaktande. För att erhålla approximativa E-tal har jämförelsetalen multiplicerats med energiformsfaktorerna och sedan med 0,9 eftersom nettoarean kan uppskattas till 90 % av bruttoarean. I tabell 6 ses energiklassificeringen av E-tal för kontorsbyggnader, hälsovårdsbyggnader, undervisningsbyggnader och daghem.

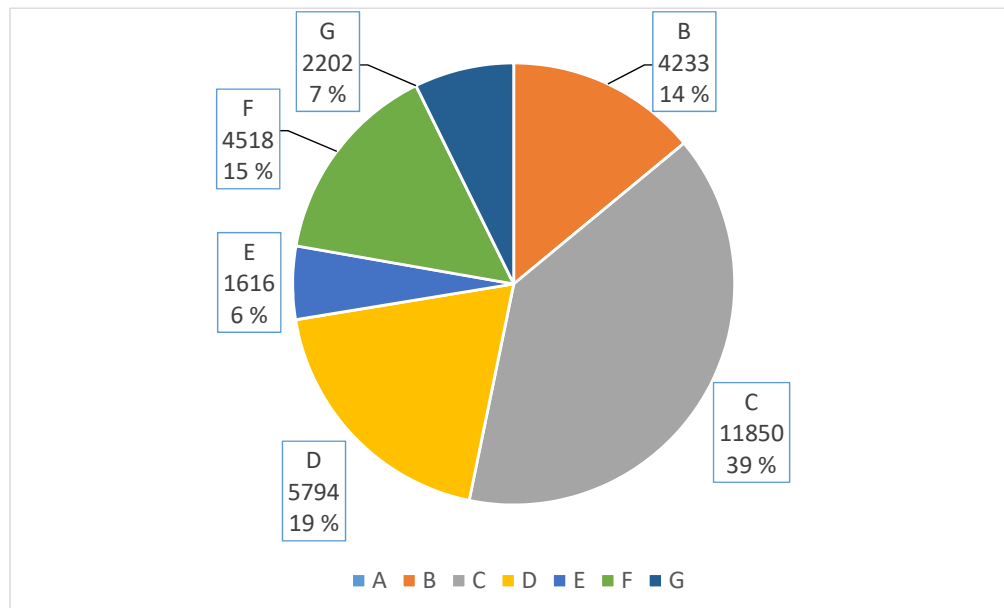
Tabell 6: Energiprestandaklassens indelning baserat på byggnadens E-tal

Undervisningsbyggnader och daghem		Kontors- och hälsovårdsbyggnader	
Energiprestandaklass	E-tal ($\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$)	Energiprestandaklass	E-tal ($\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$)
A	$\text{E-tal} \leq 90$	A	$\text{E-tal} \leq 80$
B	$91 \leq \text{E-tal} \leq 130$	B	$81 \leq \text{E-tal} \leq 120$
C	$131 \leq \text{E-tal} \leq 170$	C	$121 \leq \text{E-tal} \leq 170$
D	$171 \leq \text{E-tal} \leq 230$	D	$171 \leq \text{E-tal} \leq 200$
E	$231 \leq \text{E-tal} \leq 300$	E	$201 \leq \text{E-tal} \leq 240$
F	$301 \leq \text{E-tal} \leq 360$	F	$241 \leq \text{E-tal} \leq 300$
G	$361 \leq \text{E-tal}$	G	$301 \leq \text{E-tal}$

Figur 11 och 12 presenterar grafiskt bruttoareafördelningen mellan stadens undervisningsbyggnader, daghem, kontors- och hälsovårdsbyggnader baserat på E-talen.



Figur 11: Bruttoareamängd (m^2) per energiprestandaklass för stadens undervisningsbyggnader och daghem 2017



Figur 12: Bruttoareamängd (m²) per energiprestandaklass för stadens kontors- och hälsovårdsbyggnader 2017

4.1 Utrymmeskostnad

Ju större en byggnad är desto mer energi går det åt till uppvärmning, ventilation och belysning. Utöver detta ökar mängden städ- och underhållsarbete som medför extra kostnader för Pargas stad. Av dessa orsaker är det väsentligt att avgöra hur mycket personal och användare det finns i byggnaden och hur mycket utrymme som behövs för att uppfylla deras behov. Arbetshälsoinstitutet rekommenderar en minimiarea på 10 - 12 m² för ett kontorsutrymme ämnat åt en person ifall det inte rör sig om ett öppet utrymme där 7 - 8 m² är tillräckligt [82]. Statistik från 16 olika länder visar att medelstorleken av arbetsyta per person 2016 - 2017 var 20,8 m² [69].

Det årliga värmebehovet i Pargas stadshus är ca. $0,1 \frac{\text{MWh}}{\text{m}^2}$ vilket motsvarar en fjärrvärmekostnad på $6,80 \frac{\text{€}}{\text{m}^2}$. Uppvärmningen av ett medelstort kontorsutrymme på 20,8 m² kostar då i året 141 € i uppvärmningskostnader medan ett kontorsutrymme på 12 m² skulle innebära en kostnad på 81,60 €. Detta är bara ett kontor och då har inte andra kostnader som belysning och ventilation tagits i beaktande så det kan ses att extra utrymme kostar. Höga energikostnader i samband med utrymme kan undvikas genom att planera nybyggen så att

allt utrymme används optimalt. Dessutom kan modern teknik möjliggöra flexibilitet i anställdas arbete. Till exempel kan anställda med fördel jobba hemifrån någon dag i veckan vilket leder till ett mindre behov av uppvärmda och ventilerade arbetsutrymmen. Eftersom det redan finns styrmöjligheter inom ventilation, uppvärmning och belysning i och med Pargas stads fastighetsautomation kan dessa parametrar minskas under de dagar det vistas färre människor i byggnaden.

En byggnads utrymmeskostnad bör också beaktas vid planering av nya energisystem. När ett nytt värmesystem planeras bör det undersökas ifall det finns tillräckligt med utrymme i den befintliga byggnaden, dels för avlägsning av gamla system som stora oljepannor men också för det nya systemet. Utrymmet ska möjliggöra enkel tillgång till och underhållning av värmesystemet. Speciellt större bergvärmepumpar och varmvattenbehållare kräver mycket utrymme. Ifall detta inte finns tillgängligt kan det medföra större investeringskostnader ifall tilläggsbyggnader eller utbyggnader måste byggas i samband med investeringen. Med fjärrvärme lönar det sig att planera värmecentralen så nära nätverksanslutningen som möjligt för att undvika extra rörbyggnadskostnader och värmeförluster i rören. I Enegias uppvärmningsutredning konstaterades det att åtminstone Skräbböle skolas gamla byggnad, Nagu områdeskontor, Grannas servicehus samt Nagu lågstadium och högstadium har sådana utrymmen för den befintliga oljeuppvärmningen där ett byte till bergvärme skulle kräva ytterligare byggkostnader för att säkerställa tillräckligt med utrymme.

Rekommendation

God planering av en byggnads användning medför mindre energianvändning och effektivare underhåll, inklusive städning. Ifall möjligt bör det evalueras hur mycket av en byggnads utrymme som verkligen används och hur detta kan effektiveras. Rörliga och flexibla arbetsförhållanden förutsätter gott samarbete mellan stadens personal och fastigheternas användare men det leder också till en effektivisering av fastighetsmassans användning eftersom en minskning av bruttoarea direkt medför en lägre kostnad för staden. Även om det inte på ett enkelt eller billigt sätt går att minska på en existerande fastighets bruttoarea kan uppvärmning, ventilation och belysning minskas i de utrymmen som inte är i aktiv användning. Det är inte hållbart i längden att ha stora kontorsutrymmen där endast en liten del behövs till verkligt arbete och resten av utrymmet fylls av diverse material som t.ex. bokhyllor. Detta utrymme kunde lätt utnyttjas effektivare genom att material digitaliseras och lagras på datorer.

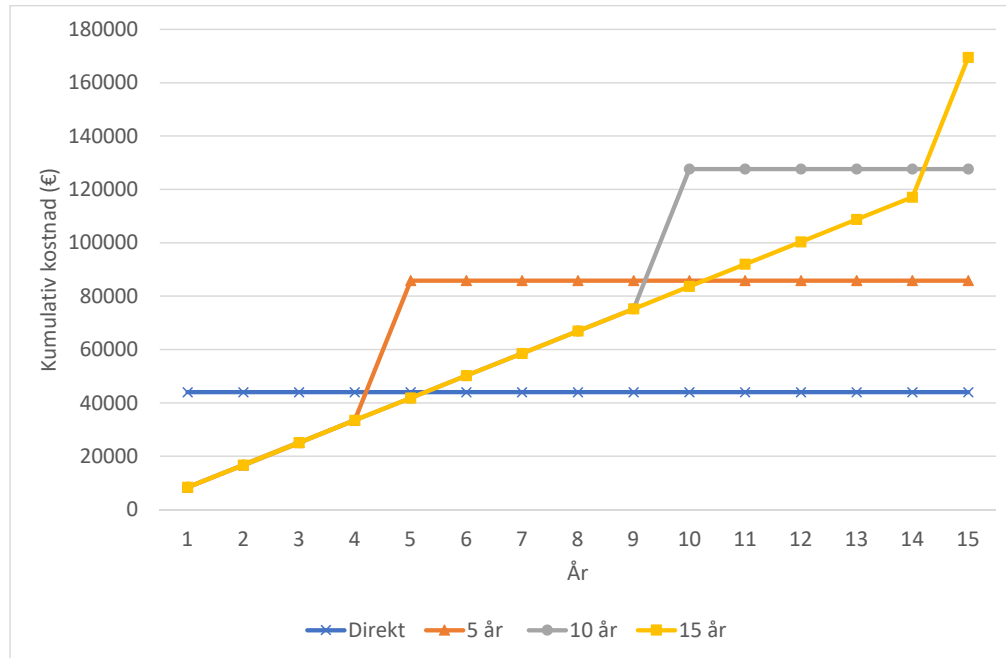
4.2 Rivningsbara och försäljningsbara fastigheter

Fastigheter som inte används optimalt ur en användningssynvinkel medför endast stora drift- och underhållskostnader för staden. Alternativ för att minska på kvadratmetrar och därmed direkt minska på energikostnader är försäljning eller rivning av fastigheter. De fastigheter som presterar dåligt energimässigt är dyra i drift och även om rivningskostnader är höga så kan en fastighets rivning snabbt återbetalas genom minskade drift- och underhållskostnader.

Skräbböle baracken som presterar energimässigt sämst inom fastighetsklass B hade 2017 en total energiförbrukning på $0,41 \frac{\text{MWh}}{\text{m}^2}$. Med en bruttoarea på 240 m^2 blir den totala årliga energikostnaden för fastigheten $8\,364 \text{ €}$ ifall medelenergipriset för olja antas vara $85 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$. Rivningskostnader för en fastighet i denna storlek kan antas vara ca. $185 \frac{\text{€}}{\text{m}^2}$ vilket ger en total rivningskostnad på $44\,400 \text{ €}$. I tabell 7 och figur 13 presenteras approximativa kalkylresultat för totala drift- och rivningskostnaden ifall fastigheten skulle rivras direkt, efter 5 år, 10 år och 15 år. I kalkylerna har inte ökande underhållskostnader längs med åren tagits i beaktande utan bara energikostnaden för el och uppvärmning.

Tabell 7: Total kumulativ drift- och rivningskostnad för olika rivningsalternativ

	Direkt	5 år	10 år	15 år
Rivningskostnad	44 000	44 000	44 000	44 000
Driftkostnad	0	41 820	83 640	125 460
Total kostnad	44 000	85 820	127 640	169 460



Figur 13: Total kumulativ drift- och rivningskostnad för olika rivningstidtabeller

Rekommendation

I Skräbböle baracken har den kumulativa kostnaden redan fördubblats vid en rivning efter 5 år. Rekommendationen för Pargas stad är att så snabbt som möjligt riva de fastigheter som inte fyller ett tillräckligt stort användningsbehov eller som presterar väldigt dåligt energimässigt. I de fall där en rivning inte är aktuell kan det vara fördelaktigt för staden att sälja fastigheten till en utomstående part ifall det finns intresserade köpare. Under försäljningsprocessen och ifall fastigheten står tom är det lönsamt att sänka temperaturen och se över elavtal för att minska på driftkostnader.

4.3 Temperatursänkning

En byggnad förlorar eller tillförs värmeenergi enligt ekvationen

$$\bar{Q} = U \cdot A \cdot \Delta T$$

där \bar{Q} är energimängden, U är värmegenomgångskoefficienten som anger hur bra isolerings-

förmåga en byggnadsdel har, A är byggnadsarean som utsätts för värmegenomföring och ΔT är temperaturskillnaden mellan byggnadsdelens olika sidor [20]. U -värdet kan vara svårt att beräkna för en hel byggnad men eftersom det är ett konstant värde och det årliga värmebehovet för fastigheterna är känt från energikartläggningen kan värmegenomgången antas vara linjär i avseende på temperaturskillnaden. Detta är en förenkling och i verkligheten finns det flera andra faktorer som inverkar men denna förenkling är tillräcklig för att få en överblick av olika situationer. Genom att ta ett månatligt medelvärde av utomhustemperaturen och mäta den inställda inomhustemperaturen i fastigheter kan energibesparingen till följd av en potentiell sänkning av inomhustemperaturen approximativt beräknas. Åbos medeltemperatur utomhus för 2017 ses i tabell 8 [41].

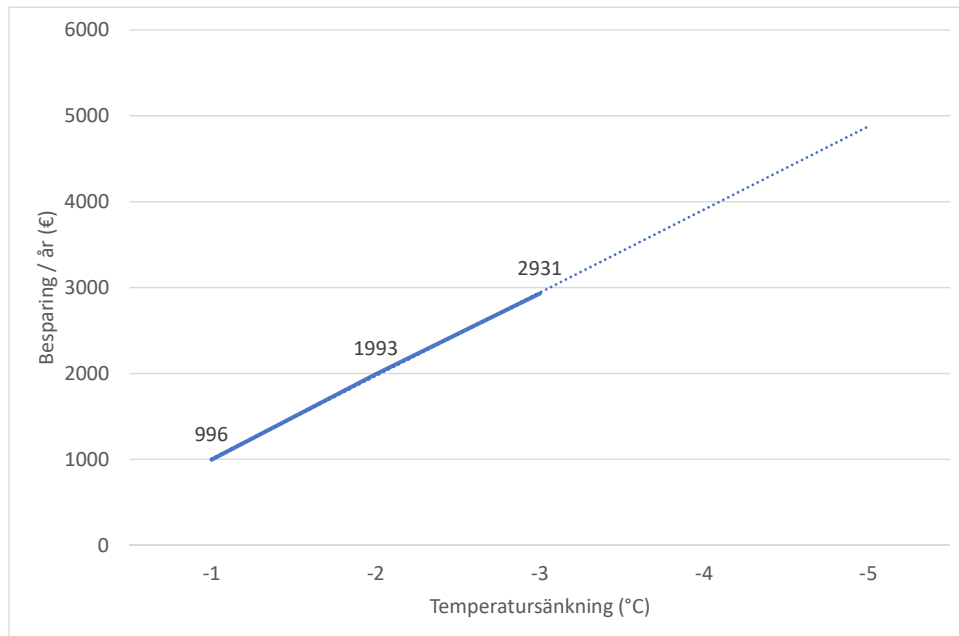
Tabell 8: Medeltemperatur i Åbo 2017

Månad	Medeltemperatur (°C)
Januari	-2,1
Februari	-2,2
Mars	1,2
April	2,9
Maj	9,5
Juni	13,8
Juli	16,5
Augusti	16,2
September	11,9
Oktober	5,5
November	3,6
December	1,3

Alternativ på fastigheter som är i lite användning där en temperatursänkning kunde vara aktuell behandlas till följande.

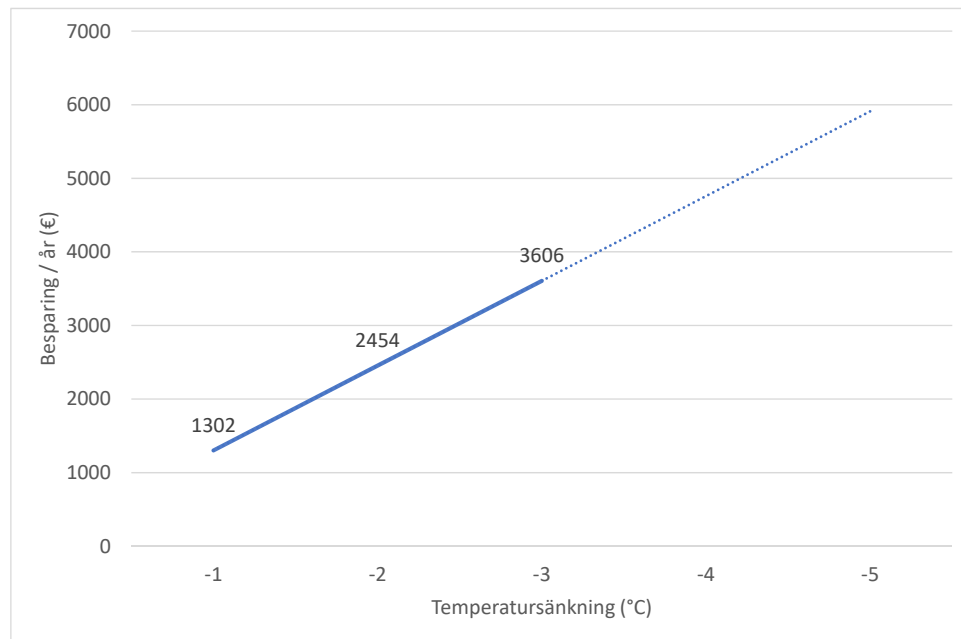
Norrgårds konstklirik har stått tom och varit till salu i ca. två år utan att temperaturen minskats och i April 2018 hade byggnaden en medelinomhustemperatur på 19 - 20 °C. Orsaken till att oljepannan fortfarande körs på hög effekt är vattenrörens höga ålder och risken för att de fryser under kalla vinterdagar. Shuntarna påstås också vara i så dåligt skick att de inte går att reglera. I figur 14 illustreras den potentiella energibesparingen av endast några graders temperatursänkning vilket inte borde leda till att vattenrören fryser så länge det

finns tillräcklig cirkulation i dem. Vid nästa försäljning av en större fastighet kan detta tas i beaktande för att avgöra ifall det är värt att sänka temperaturen eller inte.



Figur 14: Årlig kostnadsbesparing genom att sänka temperaturen i Norrgårds konstklirik

Pargas befolkningsskydd, Grottan, är uppvärmt med fjärrvärme till ca. 17 - 18 °C och befolkningsskyddet är lite i användning. Figur 15 visar kostnadsbesparingen av en temperatursänkning i befolkningsskyddet.



Figur 15: Årlig kostnadsbesparing genom att sänka temperaturen i Pargas befolkningsskydd, Grottan

Övriga relevanta fastigheter med kommentarer och rekommendationer sammanfattas i tabell 9.

Tabell 9: Övriga fastigheter där en temperatursänkning kunde vara lönsam

	Förbrukning 2017	Kommentar	Rekommendation
Nilsby gamla skola	170 MWh värme 4,5 MWh el	Lite användning, skyddat av museiverket	Sänk temperaturen om möjligt
Nagu kommunalstuga	17 MWh el	Lite användning, komplicerade äganderätter	Sänk temperaturen om möjligt eller sälj
Framnäs	118 MWh värme 23 MWh el	Hyrt för 10 - 15 år till	Sänk temperaturen om möjligt
Villa källdinge	106 MWh värme 5 MWh el	Ingen användning	Sänk temperaturen om möjligt eller sälj

Rekommendation

Redan några graders temperatursänkning ger upphov till signifikanta kostnadsbesparingar. Speciellt i Pargas befolkningsskydd och fastigheterna i tabell 9 kunde temperaturen sänkas med tanke på hur lite aktivitet det är i fastigheterna under året.

4.4 Ventilation

Hälsa och trivsel är viktigt för en fastighets användare. För att avlägsna orenheter som koldioxid och föra in frisk luft i en byggnad krävs det en kontinuerlig ventilation av inomhusluften. Detta kan skötas antingen maskinellt eller med självdrag beroende på behovet och byggnadens konstruktion. Båda metoderna fungerar enligt samma tryckskillnadsprincip. I ett självdragssystem medför temperaturskillnaden inuti och utanför byggnaden en uppåström av inomhusluften och det skapas ett undertryck längre ner i byggnaden. Tack vare undertrycket sugas det in ren och frisk luft genom ventiler samt eventuella springor och otätheter i byggnaden. Luften förs sedan uppåt och ut genom skorstenen. Denna typ av ventilation är vanlig i äldre byggnader men mindre förekommande i nybyggen och har den fördelen att det inte krävs någon extra energi för att driva luftbytet. Däremot är den inte reglerbar och styrs således av yttre väderomständigheter. [2]

I nybyggen eller större byggnader används ofta maskinell ventilation, s.k. frånlufts-, FT- eller FTX-ventilation. FT-ventilation står för från- och tilluftssystem medan FTX-ventilation står för från- och tilluftssystem med värmeåtervinning. Vid mekanisk frånluftsventilation används endast fläktar för att föra ut luften ur byggnaden och på så vis skapa ett undertryck i byggnaden. Denna metod skiljer sig från självdragssystem på det sättet att den inte är lika väderberoende utan luftmängden kan justeras med fläktens varvtal. Frånluftsventilationens nackdelar är att den inte är energieffektiv när ersättningsluften är kall och byggnadens användare kan känna av luftdrag.

FT-ventilation är en sorts balansventilation som utnyttjar både mekanisk till- och frånluft med hjälp av fläktar och ventilationskanaler. FT-ventilationen är flexibel så beroende på behovet kan luftströmmens volym ställas in och ersättningsluften kan renas med filter vid luftintaget innan den förs in i byggnaden. I ett maskinellt ventilationssystem är det fläktarna som förbrukar största delen av elenergin och enligt Motivass rekommendation bör luftfiltren helst bytas två gånger per år.

FTX-ventilationssystem fungerar på samma sätt som FT-ventilationssystem men de inklu-

derar även värmeåtervinning från frånluften till tilluften. Denna metod anses vara den mest energieffektiva metoden för ventilationssystem. I strävan mot energieffektivare byggnader är värmeåtervinning ett måste. Detta klargörs i tabell 10 där fördelning av värmeförluster i ett höghus presenteras. Det kan ses att upp till en tredjedel av en byggnads tillförda värme försvinner ut med ventilationsluften ifall det inte finns någon form av värmeåtervinning. Moderna värmeåtervinningsaggregat återvinner 50 - 80 % av den värme som annars skulle behövas för att värma den inkommande luften vilket sänker på energikostnaderna märkbart. [78]

För att undvika dålig luft som kan leda till byggnadsskador bör ventilationen alltid vara igång så att det åtminstone existerar ett minimalt luftflöde även fast det inte vistas någon i byggnaden. Ventilationsfläktar har ofta två eller flera hastighetsinställningar som kan ställas in enligt ett tidsschema beroende på byggnadens användning. I miljöministeriets förordning om byggnaders inomhusluft och ventilation förordas det att ett styrbart luftflöde bör kunna ökas till 30 % högre än normalt luftflöde och sänkas med max 60 % av normala brukstidens luftflöde [44]. I en del av Pargas stads fastigheter som har fjärrstyrt ventilationssystem via Schneiders kontrollpanel är ventilationen inställd på full effekt under byggnadens brukstid och helt avstängd under t.ex. nätter och veckoslut för att spara på energikostnader. Detta leder till att luften inte alls rör på sig under en stor del av dygnet. I fuktiga utrymmen eller under kalla perioder kan den varma inomhusluften kondensera på de kallare ventilationskanalernas väggar och skapa fuktproblem. En orsak till att ventilationen inte varit igång under nätter och veckoslut är tekniska begränsningar för ventilationssystemen då de i många fastigheter endast kan köras på full effekt eller halv effekt. Halv effekt har ansetts vara överdriven för luftbytesbehovet under dessa perioder och istället har ventilationen inte alls varit i gång för att spara energi.

Tabell 10: Typisk fördelning av värmeförlusten i ett bostadshöghus byggt 1960 - 1980 [66]

Byggnadsdel	Värmeförlust
Ventilation utan värmeåtervinning	36 - 37 %
Fönster	19 - 21 %
Avlopp	17 - 19 %
Ytterväggar	13 - 17 %
Bottenbjälklag	5 - 6 %
Vindsbjälklag	4 - 6 %

4.4.1 Värmeåtervinning

För att ta till vara värmen från frånluften i ett ventilationssystem används värmeväxlersystem som utnyttjar värmeöverföring med antingen konduktion eller konvektion. Vid konduktion överförs värme genom ett fast material från den varmare sidan till den kallare. Vid konvektion överförs värmen däremot genom ett flytande eller gasformigt medium.

Plattvärmeväxlare består av ett antal tunna plattor bredvid varandra som värms upp av den varma frånluften och avger sedan värmen till den kallare tilluften. Luftströmmarna förs in genom plattorna i korsström eller motström. Dessa system kan göras små och kompakta men de har ofta en lite sämre verkningsgrad på 55 - 70 % för värmeåtervinningen jämfört med roterande och vätskekopplade värmeväxlare. Plattvärmeväxlare kan även användas med vätskor, t.ex. en vattenglykolblandning kan användas för att uppta värmen och överföra den vidare.

I en roterande värmeväxlare strömmar luften genom roterande hjul där den varma frånluften värmer upp rotorn som i sin tur överför värmen till den kallare tilluften. Med en verkningsgrad på upp till 80 % är det en effektiv metod men den är mest lämplig i mindre fastigheter. Nackdelar med roterande värmeväxlare är problem vid installationen då från- och tilluftskanalen bör vara bredvid varandra och dessutom får det inte finnas mycket orenheter i frånluften eftersom det finns en risk att luftströmmarna blandas inuti värmeväxlaren.

I den vätskekopplade värmeväxlaren finns en vätskelösning som cirkulerar i rör med kontakt till både från- och tilluften och vätskelösningen överför värmen mellan dem. Dessa enheter behöver inte placeras nära varandra eftersom vätskan lätt kan transporteras en längre sträcka vilket ger större möjlighet för flexibilitet. Tack vare detta lämpar sig systemet bra till äldre byggnader och renoveringsfastigheter där det inte tidigare funnits värmeåtervinning. Vätskekopplad värmeåtervinning uppnår en verkningsgrad på ca. 70 %. [9]

En frånluftsvärmepump kan också användas till värmeåtervinning av frånluften. Denna teknik behandlas mer i kapitel 5.3.2.

Enligt miljöministeriets förordning om förbättring av byggnaders energiprestanda vid totalrenovering, förnyelse eller byte av de tekniska systemen är kravet för ventilationens värmeåtervinningen en årsverkningsgrad på 45 %.

Pargas stadshus kan tas som exempel för att påvisa värmeåtervinningens signifikans. I Finlands byggbestämmelsesamling D2 utfärdad av miljöministeriet ges riktvärden på $1,5 \frac{\text{dm}^3/\text{s}}{\text{m}^2}$ respektive $0,5 \frac{\text{dm}^3/\text{s}}{\text{m}^2}$ för ventilationens luftflöde i kontorsrum och korridorutrymmen. Eftersom

Pargas stadshus till stor del består av dessa utrymmen kan ventilationens luftflöde uppskattas enligt ekvationen

$$\dot{V} = 1 \frac{\text{dm}^3/\text{s}}{\text{m}^2} \cdot 6\,000 \text{ m}^2 = 6\,000 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}} = 6 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}.$$

Den årliga värmeförlust som ventilationen skulle ge upphov till ifall det inte fanns någon värmeåtervinning kan beräknas med ekvationen

$$\dot{Q} = \rho_{\text{luft}} \cdot c_{p,\text{luft}} \cdot \dot{V} \cdot t_{\text{vent}} \cdot S$$

där ρ_{luft} är ventilationsluftens densitet ($1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$),

$c_{p,\text{luft}}$ är luftens specifika värmekapacitet ($1,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$),

\bar{V} är ventilationens luftflöde angivet i volymström ($\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$),

t_{vent} är ventilationssystemets drifttid per dygn och

S är antalet graddagar i Åbo 2017 (3 725 °Cd). Graddagar används för att standardisera den förbrukade uppvärmningsenergin enligt olika års temperaturdifferenser. Graddagtalet för en månad beräknas genom att ta summan av temperaturdifferensen inomhus och utomhus för en månads alla dagar. Oftast används 17 °C som inomhustemperatur och dygnsmedeltemperaturen som utomhustemperatur [40].

Används dessa parametrar fås en årlig värmeförlust på

$$\dot{Q} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 6 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 12 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 3\,725 \text{ °Cd} = 321\,840 \text{ kWh} = 321,84 \text{ MWh}$$

och denna värmemängd motsvarar med ett fjärrvärmepris på $70 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$ en kostnad på

$$321,84 \text{ MWh} \cdot 70 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} = 22\,529 \text{ €}.$$

Ifall den årliga verkningsgraden för värmeåtervinningen antas vara 50 % medför det en årlig besparing av värmekostnader på $22\,529 \text{ €} \cdot 0,5 = 11\,265 \text{ €}$.

Dessa kalkyler påvisar värmeåtervinningens signifikans i samband med en fastighets ventilation men det bör påpekas att värmeåtervinningssystemet även ökar på elförbrukningen i fastigheten. I Pargas stad har de flesta större fastigheter redan fungerande värmeåtervinning men t.ex. i Pargas brandstation saknas ännu värmeåtervinning av frånluften.

År 2016 gjordes en renovering av Korpo brandstation där det byttes till LED-lampor, bergvärme och värmeåtervinning installerades i ventilationssystemet. Till följd av dessa åtgärder sjönk brandstationens årliga energiförbrukning med ca. 50 %. Till serviceboendet Fridhem i Houtskär planeras för 2019 en installering av värmeåtervinning i matsalens och kökets ventilationssystem. Köket och matsalen är de enda delarna i byggnaden som för tillfället inte har värmeåtervinning i den gamla ventilationsmaskinen. Denna investerings återbetalningstid har beräknats till 8 år av Insinööritoimisto Veljekset Lehtonen Oy [17].

I två studier gjorda i S:t Michel och Heinola undersöktes effekten med värmeåtervinning av frånluften i två olika byggnader. Den ena byggnaden var ett lägercenter och den andra ett bostadshus. I båda studierna undersöktes ventilationssystemets verkningsgrad, effektbehov och medförda besparingar. Resultaten visade att värmeåtervinningen årligen minskar fastighetens totala värmeförbrukning med över 50 % och återbetalningstiden för det ena systemet var 6,5 år. [9][29]

4.4.2 Rekommendation

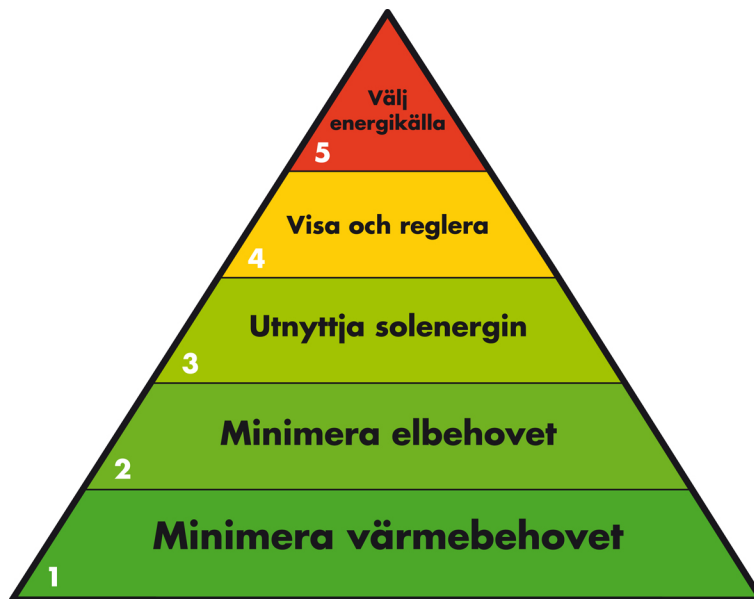
Det är lätt att spara på energikostnader genom att minska på ventilationen eller stänga av den helt under de perioder som ingen vistas i fastigheten. Eftersom inga människor befinner sig i byggnaden är också inomhusluftens fuktnivå lägre och det behövs inte lika mycket luftbyte. Även fast ventilationen skulle köras på halv effekt är besparingen av att helt stänga av den signifikant. Avstängning av ventilationen kan ses som en balansvåg eftersom det sparar pengar direkt men för byggnadens användare minskar det på trivseln och arbetsförmågan ifall luften stått stilla långa perioder. Dessutom kan det leda till allvarigare hälso- och byggnadsproblem i framtiden. Problem som kan uppstå vid otillräcklig ventilation inkluderar mögel, föroreningar som leder till trötthetssymptom, andningssvårigheter och tillväxt av mikroorganismer i fuktiga utrymmen.

Pargas stad bör gå igenom de fastigheter med maskinella ventilationssystem och se över drifttiden för att sedan evaluera om energibesparingen är värd risken som uppkommer genom att stänga av ventilationen. Flera av Pargas stads fastigheter har äldre ventilationssystem utan frekvensomvandlare där det bara är möjligt att köra systemet på full eller halv effekt vilket inte är optimalt. I takt med att nya system installeras eller gamla system byts ut till modernare teknik kan drifttiderna och -effekterna bättre ställas in enligt fastighetens behov. Med de äldre systemen är ett alternativ att köra ventilationen periodvis. Systemet kan vara igång någon timme på halv effekt, sedan avstängt i några timmar tills processen

upprepas. På detta sätt säkerställs att luften cirkulerar bättre än om ventilationssystemet är helt avstängt under längre perioder. Dessutom bör det säkerställas ifall det görs tillräckligt underhåll på systemen och vem som är ansvarig för t.ex. filterbyten. Pargas brandstation kan tas som ett investeringsalternativ där energibesparingar kan uppnås genom värmeåtervinning av frånluften.

4.5 Isolering och fönster

Enligt tabell 10 i kapitel 4.4 står fönster och isolering i ytterväggar och bjälklag för ca. 45 % av värmeförlusten i en byggnad. Val av fönster och hur en byggnad isoleras kan påverka en byggnads energiförbrukning märkbart. Speciellt fönsters energieffektivitet, storlek och riktning är aspekter som påverkar hela byggnadens energiförbrukning. Figur 16 beskriver trappstegen för energieffektivt byggande och grundpelaren eller trappsteget som alla andra energieffektiveringsmetoder står på är minskning av värmeförluster i byggnaden. För att ta reda på var eventuella värmeläckage och kallfläckar finns på en byggnads fasad kan en värmekamera som visar temperaturskillnader på fasaden användas.



Figur 16: Trappsteg för energieffektivt byggande [58]

Fönster består oftast av en till fyra glasskivor av vilka två- och treglasfönster är de vanligaste. I moderna lågenergifönster är det vanligare med 4 glasskivor men dessa är även betydligt

dyrare. Fönsters och byggnadsdelars värmeisoleringsförmåga beskrivs med en värmegenomgångskoefficient eller U-värde ($\frac{W}{m^2K}$) som anger hur mycket värmeöverföring fönstret ger upphov till per m^2 och temperaturskillnad. Ett lägre U-värde är således att föredra eftersom mindre värme läcker ut ur fastigheten genom fönstren. [31]

I tabell 11 presenteras värmegenomgångskoefficienter för olika byggnadsdelar i byggnader konstruerade under olika årtal.

Tabell 11: Värmegenomgångskoefficienter för olika byggnadsdelar ($\frac{W}{m^2K}$) [30]

Byggnadsdel	Bygglov beviljat år							
	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-2012-
Varma utrymmen								
Yttervägg	0,81	0,81	0,70	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17
Bottenbjälklag på mark	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16
Bottenbjälklag med kryprum	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17
Bottenbjälklag mot det fria	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09
Vindsbjälklag	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09
Dörr	2,2	2,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0
Fönster	2,8	2,8	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0
Delvis uppvärmda utrymmen								
Yttervägg	0,81	0,81	0,70	0,60	0,45	0,40	0,38	0,26
Bottenbjälklag på mark	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,36	0,34	0,24
Bottenbjälklag med kryprum	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,30	0,28	0,26
Bottenbjälklag mot det fria	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14
Vindsbjälklag	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14
Dörr	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,4
Fönster	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	1,8	1,8	1,4

Andra variabler som är väsentliga vid beräkning av fönsters energieffektivitet är g-värdet som beskriver hur mycket av solens värmestrålning som passerar fönstret och L-värdet som beskriver fönsterkonstruktionens lufttätethet. På soliga sidor av en byggnad prioriteras fönster med lägre g-värden för att undvika överuppvärmning av byggnaden under varmare årstider. För att förbättra energieffektiviteten kan fönster behandlas med ytbehandlingar som blockerar vissa våglängders värmestrålning. Då blockeras en del av värmeförlusten genom fönstret. Dessutom kan fönster fyllas med ädelgaser istället för luft, t.ex. argon, krypton och xenon används för att minska på värmegenomgången i fönstren [43].

Alla dessa aspekter bidrar till fönstrets totala jämförelsetal, E-talet, som beskrevs i kapitel 4. E-talet hjälper konsumenten att lättare jämföra fönster och bestämma vilka som lämpar sig bäst till fastigheten. Fönstertillverkare kan frivilligt använda fönsters energiklassificering

A++ - G, baserad på E-talet, för att underlätta konsumentens val av fönster. Dessa energiklassificeringar presenteras i tabell 12.

Tabell 12: E-tal för olika energiklassificeringar av fönster [47]

Energiklass	E-tal ($\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$)
A++	< 45
A+	45 - 64
A	65 - 84
B	85 - 104
C	105 - 124
D	125 - 144
E	145 - 164
F	165 - 184
G	> 185

Lönsamheten av en fönsterinvestering kan approximativt beräknas med hjälp av årets gradtal, S , för orten där fönstret är beläget. Enligt Meteorologiska institutet var antalet graddagar år 2017 i Åbo 3 725 °Cd [40]. E-talet för nya fönster anges ofta direkt i försäljarens specifikationer medan E-talet för gamla fönster approximativt beräknas enligt ekvationen

$$E = S \cdot U \cdot \frac{24 \frac{\text{h}}{\text{d}}}{1\,000 \frac{\text{W}}{\text{kW}}}$$

ifall U -värdet är känt. I dessa beräkningar har inte g -värdet eller fönsterkonstruktionens täthet tagits i beaktande. E-talen beräknade enligt olika U -värden för gamla fönster kan ses i tabell 13.

Tabell 13: Beräknade E-tal för olika fönstermodeller

U-värde ($\frac{W}{m^2K}$)	E-tal ($\frac{kWh}{m^2,år}$)
2,8	250
2,1	188
1,4	125
1,0	89

Energibesparingen per år och kvadratmeter fönster som byts beräknas enligt ekvationen

$$E_b = E_g - E_n$$

där E_b är energibesparingen angiven i $\frac{kWh}{m^2,år}$, E_g är gamla fönstrets E-tal angivet i $\frac{kWh}{m^2,år}$ och E_n är nya fönstrets E-tal angivet i $\frac{kWh}{m^2,år}$. Resultaten presenteras i tabell 14.

Tabell 14: Energibesparing till följd av fönsterbyte ($\frac{kWh}{m^2,år}$)

E-tal nya fönster ($\frac{kWh}{m^2,år}$) →	50	75	100
E-tal gamla fönster ($\frac{kWh}{m^2,år}$) ↓			
250	200	175	150
188	138	113	88
125	75	50	25
89	39	14	0

Efter det kan återbetalningstiden för en fönsterinvestering med en energikostnad, F , på 0,08 $\frac{€}{kWh}$ beräknas med ekvationen

$$T = \frac{C}{E_b \cdot F}$$

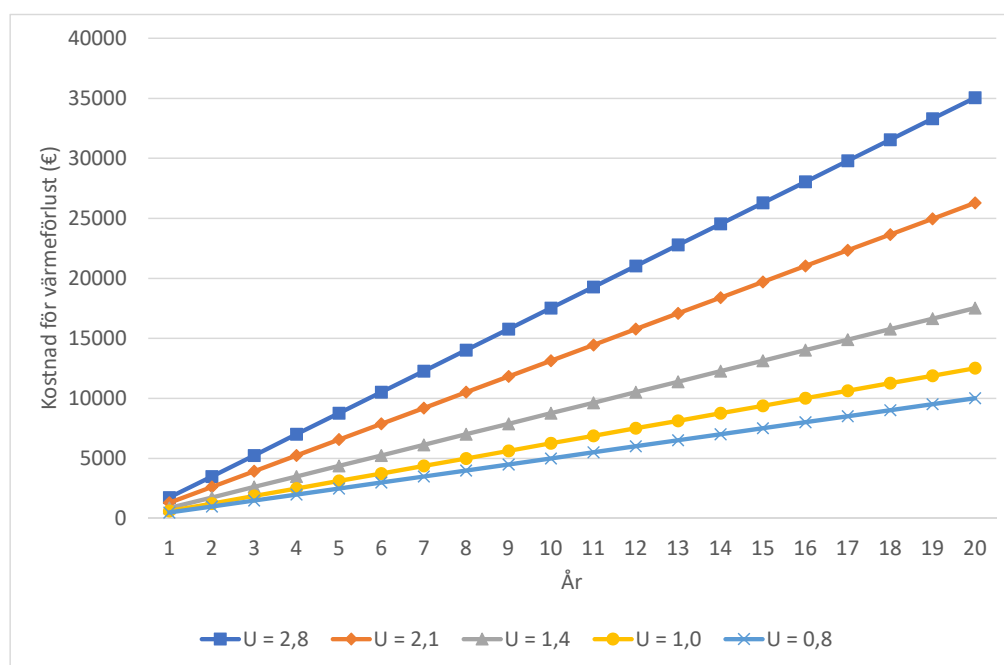
där T är återbetalningstiden angiven i år och C är fönsterinvesteringens kostnad angiven i $\frac{€}{m^2}$. Resultaten presenteras i tabell 15 där kostnaden för nya fönster har antagits vara 300

$\frac{\text{€}}{\text{m}^2}$, 250 $\frac{\text{€}}{\text{m}^2}$ och 200 $\frac{\text{€}}{\text{m}^2}$ beroende på deras energieffektivitet.

Tabell 15: Återbetalningstid (år) med uppskattade kostnader för nya fönster

E-tal nya fönster ($\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2, \text{år}}$) \rightarrow	50	75	100
Kostnad nya fönster ($\frac{\text{€}}{\text{m}^2}$) \rightarrow	300	250	200
E-tal gamla fönster ($\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2, \text{år}}$) \downarrow			
250	18,7	17,8	16,6
188	27,2	27,1	28,5
125	49,9	62,3	99,4
89	95,2	217	-

Enligt tabell 15 så blir den kortaste återbetalningstiden över 16 år så endast energimässigt sett kan ett fönsterbyte inte ses som lönsamt p.g.a. fönstrens höga investeringskostnader jämfört med energibesparingen. Ifall det utförs en fasadrenovering av en byggnad kan det ändå vara bra att beakta hur olika fönster kommer påverka energiförbrukningen över hela livslängden. Ett scenario för hur värmeförlustens kostnad påverkas av olika fönstertyper för en byggnad med 100 m² fönsteryta presenteras grafiskt i figur 17.



Figur 17: 20 års kumulativ kostnad för värmeförlusten genom 100 m² fönsteryta

I miljöministeriets förordning om förbättring av byggnaders energiprestanda vid reparations- och ändringsarbeten förordad i mars 2013 läggs krav på att nya fönster till en renoveringsbyggnad ska ha U-värden på 1,0 $\frac{W}{m^2K}$ eller lägre. Vid ett sådant renoveringsprojekt lönar det sig att jämföra återbetalningstiden på fönster som ligger precis vid kravgränsen och fönster med bättre energieffektivitet.

Energi kan också sparas genom att t.ex. montera persienner i fönstren. Persienner som har en värmereflekterande ytbeläggning kan sänka U-värdet lika mycket som ett extra mellanglas men till ett betydligt lägre pris [25]. Även användarens roll är viktig eftersom det i byggnader där fönster redan har befintliga persienner eller gardiner lönar sig att optimera användningen. Under årets uppvärmningsperioder kan de stängas till kvällen och natten och öppnas till dagen för att optimalt utnyttja solens strålningsenergi för uppvärmning. Under varma perioder och ifall det finns maskinell kylning i byggnaden lönar det sig att blockera solen under dagen så att inte byggnaden onödigt värms upp. Likaså kan persiennerna öppnas till kvällen och natten för att kyla fastigheten.

Fönster är ändå en relativt liten del av hela byggnadens fasad och övrig isolering behöver också beaktas. Speciellt genom tak- och fasadrenoveringar kan en byggnads energieffektivitet förbättras. En förbättring av ett byggnadsskal och dess värmeisolering kan göras på flera olika

sätt och det finns inte endast ett rätt sätt utan den specifika byggnadens egenskaper måste alltid beaktas och utredas skilt för varje byggnad. I vissa fall räcker det med att endast en del av fasaden renoveras för att upprätthålla byggnadens livslängd eller så kan en utförligare grundrenovering göras där hela fasaden förnyas. Det är även möjligt att lägga tilläggsvärmeisolering ovanpå den gamla fasaden ifall den fortfarande är i gott skick för att förbättra byggnadens värmegenomgångskoefficient. Enligt miljöministeriets förordning bör U-värdet åtminstone halveras från det tidigare värdet ifall en tak- eller fasadrenovering genomförs på en befintlig byggnad.

En väl värmeisolerad byggnad har många fördelar och byggnadens marknadsvärde kan öka. Användarvänligheten förbättras genom en jämnare inomhustemperatur som också möjliggör mindre radiatorsystem vilket leder till mindre belastning på uppvärmningssystemet. Byggnaden fungerar även bättre som grund för nya uppvärmningssystem då en mindre värmeförbrukning möjliggör en mindre effekt och belastning på de tekniska systemen. Vid eventuella problem med värmedistributionen till och i byggnaden hålls byggnadens temperatur en längre tid på en behaglig nivå eftersom mindre värme läcker ut genom byggnadsfasaden. Allt detta kräver att byggnaden ses som en helhet och att hela byggnadens livslängd inklusive besparingar och kostnader tas i beaktande vid planeringsskedet. Dessutom är det viktigt att beakta tekniska systemens funktion även efter en värmeisoleringsförbättring. Det kan krävas en återinställning av tekniska systemen enligt byggnadens nya energiförbrukning- och prestanda.

De vanligaste materialen för värmeisolering i byggnader tillsammans med respektive U-värden presenteras i tabell 16.

Tabell 16: Vanliga värmeisoleringsmaterial och deras lägsta värmegenomgångstal [26]

Värmeisolering	Lägsta U-värde ($\frac{W}{m^2K}$)
Glas- och stenull	0,031 - 0,040
Träfiber	0,036 - 0,050
Expanderat PolyStyren (EPS)	0,033 - 0,039
Extruderad PolyStyren (XPS)	0,033 - 0,040
Fast polyuretanskum (PIR)	0,022 - 0,030
Fenolisolering (PF)	0,018 - 0,023

Teknologiska forskningscentralen VTT har beräknat livscykelkostnader för olika sorters fasadrenoveringar i höghus byggda på 1970 - talet med en ungefärlig nettoarea på 1 700 m² [60]. Beräkningarna baseras på utförda renoveringar och expertutlåtanden. I figur 18 presenteras resultaten ur vilka det kan ses att de dyrare reparationerna som inkluderar förbättring av energiprestandan medför en lägre totalkostnad under hela livscykeln på 30 år [61]. Dessa beräkningar kan ändå inte tas som allmänna riktlinjer eftersom varje renoveringsobjekt bör granskas utförligt enligt byggnadens specifika utgångspunkt.



Figur 18: Jämförelse av en höghusbyggnads totala kostnader under 30 år för olika renoveringsprojekt

I Pargas stad genomfördes en förbättring av värmeisoleringen i Korpo skolcentrum där vindsbjälklagets värmeisoleringssull ökades från 20 cm till 40 cm. Denna förbättring medför en energibesparing på ca. 16 700 $\frac{\text{kWh}}{\text{år}}$ vilket motsvarar 4 % av totalförbrukningen i skolcentret och investeringen har en ungefärlig återbetalningstid på 11 år [17].

Rekommendation

Endast kostnadsmässigt är det inte lönsamt för Pargas stad att gå in för större fönsterbyten i fastigheterna ifall det inte finns behov av övriga fasadrenoveringar. Återbetalningstiden

för fönsterbyten är lång, förutsatt att fönsterkarmar är täta på äldre fönster. Ifall det finns stora springor mellan fönsterkarmen och väggkonstruktionen kan värmeförlusten vara betydligt högre än fönstrens U-värde skulle antyda och återbetalningstiden för en fönsterinvestering minskar. I samband med övrig renovering av fastigheter är fönsterbyten ändå relevanta eftersom det inte endast förbättrar energieffektiviteten utan även trivseln för fastighetens användare.

En investering i tilläggsvärmeisolering i samband med fasadrenoveringar kan ha klara fördelar över en byggnads hela livslängd. Vid en renovering är det inte sagt att det billigaste alternativet är det mest ekonomiskt lönsamma vilket också kan ses i figur 18. Vid större renoveringsobjekt som fortfarande väntas ha en lång livslängd rekommenderas Pargas stad noggrant se över utgångsläget och ta med alternativ för tilläggsvärmeisolering i planeringen.

4.6 Belysning

De vanligaste lamporna för inomhusbruk är halogenlampor, lysrör, lågenergilampor och LED-lampor.

De flesta lampor som byts ut i dagens läge byts till LED-lampor som lämpar sig ypperligt till både inomhus- och utomhusbruk. De har en bra verkningsgrad, eller ljusmängd per effekt, på 70 - 90 $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$ där lm står för lumens. LED-lampor har även en väldigt lång livslängd på 25 - 50 000 brukstimmar vilket justifierar deras högre anskaffningskostnad.

Halogenlampor är ineffektiva lampor vars teknik påminner om glödlampan och en stor del av elenergin omvandlas till värmeenergi. De är billiga vid anskaffning men har en dålig verkningsgrad på endast 15 $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$ och en kort livslängd vilket leder till en sämre energieffektivitet. Halogenlampor håller på att förbjudas på marknaden på grund av dessa orsaker.

Lysrör är en vanlig belysningsteknik speciellt i kontorsmiljöer och större utrymmen. De är billiga och effektiva alternativ med en verkningsgrad på 70 - 100 $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$ och en lång livslängd på upp till 15 000 brukstimmar. Ifall lysrör ska bytas ut mot LED-lampor lönar det sig att kalkylera lönsamheten eftersom LED-tekniken är så pass mycket dyrare att återbetalningstiden kan bli lång. Negativa aspekter med lysrör är deras uppvärmningstid, d.v.s. det tar några minuter innan ljusstyrkan är maximal och så försämras ljuskvaliteten ifall lysrören används i korta intervaller.

Lågenergilampor har länge varit det bästa alternativet till glöd- och halogenlampor eftersom priset på LED-lampor varit högt men med tiden kommer mer och mer lågenergilampor bytas

ut mot nyare LED-teknik. Lågenergilampor har en bra energieffektivitet men de har en längre uppvärmningstid innan de uppnår maximal ljusstyrka så de passar inte vid utrymmen där det behövs ljus snabbt. De har en livslängd på upp till 10 000 brukstimmar och en verkningsgrad på 45 - 60 $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$. [36, 80]

I tabell 17 sammanfattas de olika presenterade belysningsteknikerna.

Tabell 17: Sammanfattning av olika belysningsalternativ

	Verkningsgrad ($\frac{\text{lm}}{\text{W}}$)	Livslängd (brukstimmar)
Halogenlampa	15	< 2 000
Lysrör	70 - 100	15 000
Lågenergilampa	45 - 60	6 - 20 000
LED-lampa	70 - 90	25 - 50 000

Skillnaden i elförbrukning mellan lysrör och LED-lampor är inte så stor i dagens läge vilket medför en lång återbetalningstid vid ett byte från lysrör till LED-teknik. Endast elförbrukningen bör inte beaktas vid lönsamhetskalkyler utan t.ex. underhållskostnader och byte av söndriga lampor kan tas med i beräkningarna.

Korpo Elservice har gjort en utredning om ett byte av lysrör till LED-lampor i Skärgårdshavets skola där den nuvarande elförbrukningen ligger på 28 871 $\frac{\text{kWh}}{\text{år}}$. Byte till LED-lampor med en sammanlagd effekt på ca. 12 000 W skulle uppskattningsvis kosta 23 000 € och den nya elförbrukningen skulle vara 22 634 $\frac{\text{kWh}}{\text{år}}$ d.v.s. en besparing på 620 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$ ifall elpriset antas vara 0,10 $\frac{\text{€}}{\text{kWh}}$. Detta ger en återbetalningstid på 37 år. I utredningen beaktades inte minskade underhållskostnader som uppskattats till ca 4 000 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$ med de gamla lysrören. Detta skulle öka besparingen en hel del och även minska på återbetalningstiden till en vettig nivå. [17]

I inomhusbelysningsstandarden SFS-EN 12464-1-2011 läggs krav på belysningsstyrkan, lx, i olika byggnadsutrymmen och en del av dessa presenteras i tabell 18. Enheten lx, eller lux, definieras som lumens per kvadratmeter.

Tabell 18: Standardkrav för belysningsstyrka i olika utrymmen enligt SFS-EN 12464-1 [21]

Utrymme	Belysningsstyrka (lx)	Belysningsstyrka i närområdet (lx)
Korridorer	100	100
Kafferum	200	150
Förråd	100	100
Kontor	500	300
Klassrum	300	200
Auditorium	500	300

I kontorsutrymmen räcker det med att arbetsbordet där läsning och skrivning utförs är upplyst enligt det högre kravet och resten av kontoret kan ha en belysningsstyrka baserat på kravet för närområde. Detta gör punktbelysning till en möjlighet ifall utrymmet är stort och på så sätt kan mindre total lampeffekt användas.

Eftersom äldre fastigheter med existerande belysning ofta inte följt samma standarder kan belysningsstyrkan vara betydligt lägre än den som krävs i nuläget. I Skärgårdshavets skola uppmättes belysningsstyrkan till endast 89 - 234 lx medan den borde vara 300 lx i klassrum. Detta leder till att belysningsstyrkan måste ökas vid en investering och en del av besparingspotentialen går åt till att täcka det nya behovet.

4.6.1 Smart teknologi

Energieffektiva LED-lampor kan tack vare sin dimbarhet bra kombineras med automatisk styrteknik som rörelsedetektorer för att sänka på ljusstyrkan eller stänga lamporna helt när ingen vistas i utrymmet. På detta sätt kan de delar av ett klassrum som är närmast fönster och andra ljuskällor ha en lägre belysningsstyrka än det övriga klassrummet. Vid vägar kan denna teknik också utnyttjas så att trafikbelysningen minskas eller stängs av när inga bilar rör sig på vägen. Resultaten från VTT:s koordinerade SenCity-projekt som testat dynamisk vägbelysning i städer visar att energibesparingspotentialen i vissa fall kan uppgå till 50 % [85]. Dessa automatiska system kan ge upphov till stora besparingar och användbar datainsamling men det krävs noggrann planering och utbildning av personal för att systemen ska fungera optimalt.

4.6.2 Rekommendation

Besparingar kan uppnås ifall ineffektiv gammal belysningsarmatur byts ut mot nyare tekniker och automatiserade lösningar. Besparingarna kommer från energisnålare lampor, mindre un-

derhållskostnader och smart användning av lamporna. Vid investeringen bör både de gamla och de nya belysningsteknikernas hela livslängdskostnader inklusive anskaffnings-, drift- och underhållskostnader tas i beaktande. På hemsidan Valaistustieto finns en VALTTI-räknare som med fördel kan användas för att beräkna livslängdskostnader för olika belysningsalternativ efter att preliminära offerter eller kostnadsuppskattningar samlats in. VALTTI-räknaren tar i beaktande investerings-, energi- och underhållskostnader. Det lönar sig inte att överdimensionera belysningsstyrkan utan se till att det finns tillräckligt med ljus vid arbetsplatsen när dagsljus tas i beaktande medan övrigt utrymme kan vara mindre upplyst.

Överlag är både LED-lampor och moderna lysrör vettiga alternativ vid renoveringsobjekt eller nybyggen men med tanke på att LED-tekniken bättre kan användas i samband med automations- och styrsystem är den tekniken att föredra, även fast investeringskostnaden är högre. Ifall det fortfarande finns halogenlampor i fastigheter borde de senast när de går sönder bytas ut.

I Pargas stads budget och ekonomiplan för 2018 - 2020 finns det med sanering av gatu- och spånbansbelysning för 850 000 €. I samband med detta kunde ett område förses med automationsteknik för att kunna analysera lönsamheten med ett sådant projekt.

4.7 Passiva lösningar

Vid renoveringsarbeten och nybyggen rekommenderas det att först planera sådana passiva lösningar som minskar behovet av värme- och kylningsenergi. Den behövda kylningen under sommarmånaderna kan undvikas till en viss grad genom att passivt blockera solens strålningsenergi. Detta kan göras med persienner eller markiser och på samma sätt kan persienner även användas för att hålla inne värmen under vintern genom att stänga dem till natten. Det är även möjligt att utnyttja solens ljus och värme genom att använda byggnaden som lagringsmetod för värme. Med fönster eller glasväggar som tillåter solljuset att passera på en byggnads södra sida kan uppvärmningsbehovet minskas under kalla årstider. Den inkommande ventilationsluften kan även förvärmas av solenergi genom att utnyttja mörkare material på strategiskt belägna byggnadsdelar. Hur bra den passiva metoden fungerar beror bland annat på byggnadens läge, konstruktion och använda byggnadsmaterial. Vid ett fönster kan golvet fungera som värmelagring eller så kan en vägg gjord av något stenmaterial läggas framför fönstret så att värmen från solens strålningsenergi absorberas i stenväggen och leds in i resten av byggnaden på väggens andra sida. Eftersom passiva metoder kan användas både till att värma och kyla byggnaden finns det en risk att det under varma som-

marmånader blir för varmt i byggnaden på grund av tät isolering samt energieffektiva fönster och dörrar. Till passiva lösningar hör även energieffektiva fönster, dörrar och isoleringar som behandlats tidigare i detta arbete. En stor fördel med passiva lösningar är kostnaden eftersom både investeringskostnaden och speciellt driftskostnaden är låg jämfört med andra energieffektivitetslösningar. [26]

Rekommendation

Det som rekommenderas för Pargas stad är främst att upplysa fastigheternas användare om att under sommarmånader när utomhustemperaturen är hög hålla fönster, persienner och gardiner stängda speciellt när solen lyser rakt på fönstren. I de byggnader där det finns befintliga kylsystem ökas belastningen ifall det även vädras genom att ha fönster och dörrar öppna. Ifall fastigheten är väldigt varm eller luften dålig är det bättre att ta kontakt med någon i stadens personal som kan föra vidare saken och se till att ventilations- och kylningssystem ställs in ordentligt. Under vintermånader och kallare perioder lönar det sig däremot att låta så mycket av solens strålningenergi som möjligt passera genom fönster och först stänga persienner och gardiner till nätterna för att hålla värmen inne.

5 Alternativa energikällor

Alternativa energikällor är sådana som ersätter fossila energikällor som olja, kol och naturgas. Förnybara alternativa energikällor förnyas konstant naturligt men användningen kan vara begränsad till en viss energimängd per tidsenhet. Till förnybara energikällor hör flera biomassor, solenergi, vindenergi, vattenenergi och geoenergi. [84]

En kommun kan beviljas investeringsstöd för nya investeringar som främjar användningen av förnybara energikällor. I tabell 19 ses typiska mängden stöd, beräknat utifrån investeringskostnaden, som maximalt kan beviljas 2018 för olika nyanskaffningar. Värt att notera är att stöd inte beviljas för investeringar där totala kostnaden ligger under 10 000 € och stöd för lagring av energi beviljas endast om investeringen inkluderar andra förbättringar som förbättrar energieffektiviteten. Stöd kan beviljas av Arbets- och näringsministeriet eller av Business Finland som är en ihopslagning av Tekes och Finpro. Det är oklart hur länge dessa stöd kommer finnas tillgängliga vilket leder till att investeringstidpunkten för alternativa energikällor kan vara väsentlig.

Tabell 19: Lista över investeringsstöd för kommuner vid nyanskaffningar [11]

Anskaffning	Investeringsstöd
Värmecentraler	10 – 15 %
Värmepumpar	15 %
Solvärme	20 %
Småskaliga vattenkraftverk	15 – 20 %
Deponigas	15 – 20 %
Småskaliga vindkraftverk	20 – 25 %
Solcellssystem	25 %
Biogas	20 – 30 %
Granskning av kommunsektorns förnybara energimöjligheter	50 %

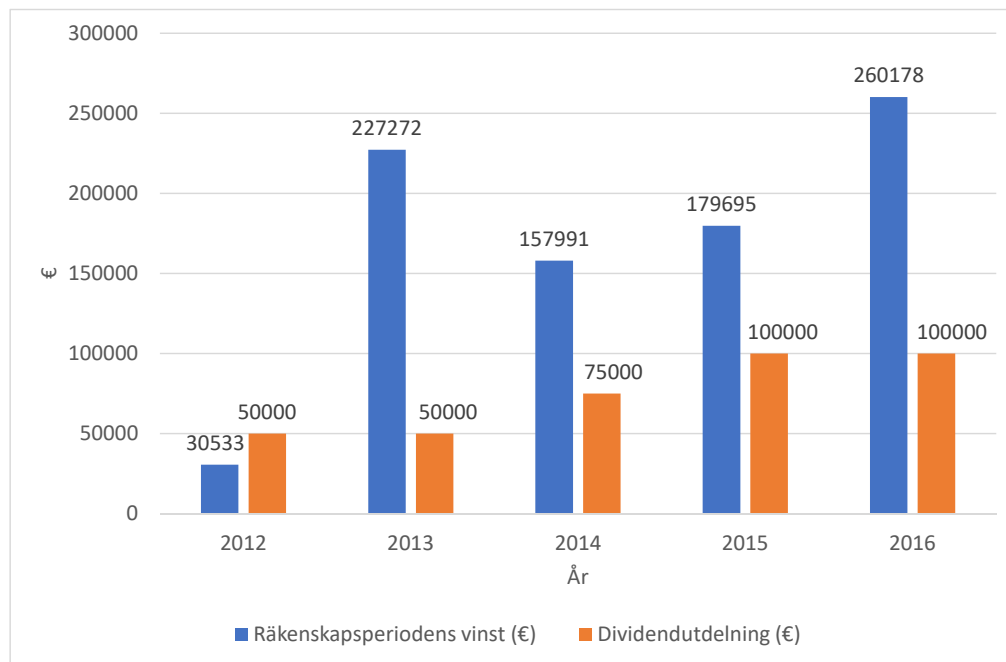
5.1 Fjärrvärme

Fjärrvärme produceras i värmeanläggningar genom att bränna stenkol, naturgas, torv, skräp, olja, trä eller övrig biomassa. Värmen transporteras sedan med hjälp av vatten från anläggningen i ett rörnätverk till konsumenten. Fjärrvärme är Finlands vanligaste uppvärmningsmetod och ofta produceras värmen med inhemska och lokala bränslen. Spillvärme från industrin används också till fjärrvärmeproduktion. [24]

5.1.1 Pargas Fjärrvärme Ab

I Pargas kärncentrum sköts fjärrvärmeproduktionen av Pargas Fjärrvärme Ab som ägs till 100 % av Pargas stad. År 2017 producerades och distribuerades ca. 45 GWh fjärrvärme till 176 fastigheter i Pargas kärncentrum med ett medelenergipris på $55,65 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$. Av dessa 176 fastigheter ägs 21 av Pargas stad. År 2017 var bio- och processvärmens andel 97 % och bara 3 % producerades med olja vilket gör fjärrvärmerna i Pargas till ett miljövänligt alternativ. Pargas Fjärrvärme Ab:s målsättning är att produktionen i framtiden ska bli nästan helt koldioxidneutral med minimal användning av fossila bränslen.

I figur 19 presenteras räkenskapsperiodens vinst för Pargas Fjärrvärme Ab och dividendutdelning till Pargas stad under 2012 - 2016 [63].



Figur 19: Räkenskapsperiodens vinst för Pargas Fjärrvärme Ab och dividendutdelning till Pargas stad

Inom Pargas centrum finns oljeuppvärmda fastigheter som har befintliga vattenburna värmesystem som kunde användas vid en eventuell anslutning till fjärrvärmenätverket. I nuläget är priset för lätt brännolja fortfarande ganska lågt och detta kan leda till att bytet från olja till fjärrvärme inte är lockande ekonomiskt sett. Figur 20 illustrerar prisutvecklingen av lätt brännolja och därifrån kan ses att prisutvecklingen gått uppåt under de tre senaste åren. Dessutom bör inte endast den ekonomiska aspekten av en fjärrvärmeanslutning tas i beaktande utan även miljöpåverkan är relevant. Staden kunde fungera som en förebild för kommuninvånarna genom att förnya uppvärmningsmetoder för att minska på utsläpp och sträva efter hållbar utveckling.



Figur 20: Lätta brännoljans prisutveckling [?]

Oljeuppvärmda fastigheter inom Pargas kärncentrum som har befintliga vattenburna värme-system som skulle kunna användas till fjärrvärme kan ses i tabell 20. I normala fall ingår byggandet av 20 meter rörledning i anslutningskostnaden.

Tabell 20: Potentiella fastigheter som kunde anslutas till fjärrvärmenätverket

Fastighet	Adress	Avstånd till närmaste anslutning
Skräbböle skola, gammal byggnad	Morgongränd 2	Längs vägar ca. 1 500 m
Skräbböle baracken	Villagatan 2	Längs vägar ca. 1 000 m
Havsvind daghem	Tennbyvägen 17	ca. 280 m
Solgränd, gruppfamiljedaghem	Skolmästargränd 1	ca. 25 m
Solgläntan	Biskopsgatan 1	ca. 40 m
Seniorstugan	Elmgrenvägen 1	ca. 5 m
Taxistationen	Strandvägen 3	ca. 75 m

Från tabellen kan ses att de fastigheter som rent byggtekniskt har möjlighet att anslutas är Solgränd, Solgläntan och seniorstugan. De övriga fastigheterna befinner sig så långt ifrån

rörnätet eller har en så liten värmeförbrukning att en anslutning i detta skede inte skulle vara lönsam.

Estimerade anslutningskalkyler har gjorts för Solgränd, Solgläntan och seniorstugan i tabell 21, 22, och 23. Anslutningsavgiften har beräknats enligt ekvationerna

$$\bar{V} = 0,51 - 1,50 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad C_{ansl} = k \cdot N \cdot (1\,094 + 3\,936 \cdot \bar{V}) \text{ €}$$

och

$$\bar{V} = 1,51 - 4,00 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad C_{ansl} = k \cdot N \cdot (2\,406 + 3\,062 \cdot \bar{V}) \text{ €}$$

där C_{ansl} är anslutningsavgiften angiven i €, k är tariffkoefficientens värde (1,42), $N = 1,00$ och \bar{V} är det avtalade vattenflödet angivet i $\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ som i dessa beräkningar har antagits utifrån liknande existerande fastigheter och fastighetens värmebehov.

Tabell 21: Exempelkalkyl över Solgränds anslutning till fjärrvärmenätverket

Oljeförbrukning 2017	Fjärrvärme	Kostnad / besparing
3 228 $\frac{1}{\text{år}}$	ca. 5 000 € anslutning	-5 000 €
2 518 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$	Värmebehov $0,9 \cdot 32,28 \frac{\text{MWh}}{\text{år}} =$ $29,1 \frac{\text{MWh}}{\text{år}}$	
$3\,228 \frac{1}{\text{år}} \cdot 10 \frac{\text{kWh}}{\text{l}} = 32,28 \frac{\text{MWh}}{\text{år}}$	Värmepris $70 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$	+484 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
90 % verkningsgrad för oljepanna	Värmekostnad $70 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} \cdot 29,1 \frac{\text{MWh}}{\text{år}} =$ $2\,034 \frac{\text{€}}{\text{år}}$	Återbetalningstid 10+ år

Tabell 22: Exempelkalkyl över seniorstugans anslutning till fjärrvärmenätverket

Oljeförbrukning 2017	Fjärrvärme	Kostnad / besparing
$8\,147 \frac{1}{\text{år}}$	ca. 8 000 € anslutning	-8 000 €
$6\,394 \frac{\text{€}}{\text{år}}$	Värmebehov $0,9 \cdot 81,47 \frac{\text{MWh}}{\text{år}} =$ $73,3 \frac{\text{MWh}}{\text{år}}$	
$8\,147 \frac{1}{\text{år}} \cdot 10 \frac{\text{kWh}}{\text{l}} = 81,47 \frac{\text{MWh}}{\text{år}}$	Värmepris $70 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$	$+1\,265 \frac{\text{€}}{\text{år}}$
90 % verkningsgrad för oljepanna	Värmekostnad $70 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} \cdot 73,3 \frac{\text{MWh}}{\text{år}} =$ $5\,129 \frac{\text{€}}{\text{år}}$	Återbetalningstid ca. 6 år

Tabell 23: Exempelkalkyl över Solgläntans anslutning till fjärrvärmenätverket

Oljeförbrukning 2017	Fjärrvärme	Kostnad / besparing
$27\,964 \frac{1}{\text{år}}$	10 - 15 000 € anslutning	-10 – 15 000 €
$22\,342 \frac{\text{€}}{\text{år}}$	Värmebehov $0,9 \cdot 279,64 \frac{\text{MWh}}{\text{år}} =$ $251,7 \frac{\text{MWh}}{\text{år}}$	
$27\,964 \frac{1}{\text{år}} \cdot 10 \frac{\text{kWh}}{\text{l}} = 279,64 \frac{\text{MWh}}{\text{år}}$	Värmepris $66,21 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$	$+5\,680 \frac{\text{€}}{\text{år}}$
90 % verkningsgrad för oljepanna	Värmekostnad $66,21 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} \cdot 251,7 \frac{\text{MWh}}{\text{år}} =$ $16\,663 \frac{\text{€}}{\text{år}}$	Återbetalningstid 2 – 3 år

I kalkylerna är det även värt att beakta att det har använts en verkningsgrad på 90 % för oljeuppvärmningen. För en äldre oljepanna är det ett relativt högt antagande och många

äldre ineffektiva oljepannor kan ha verkningsgrader på endast 56 % - 70 % vilket förbättrar investeringen avsevärt [16].

Med solgläntans årliga oljeanvändning skulle en fjärrvärmeanslutning snabbt betalas tillbaka och seniorstugan har så pass stor värmeförbrukning och är belägen så nära närmaste fjärrvärmeledning att investeringen skulle betalas tillbaka relativt snabbt. Solgränd däremot är en så liten fastighet med liten värmeförbrukning att besparingen blir minimal p.g.a. de höga anslutningskostnaderna.

Överlag fungerar Pargas fjärrvärmebolag bra och värmen som förses till Pargas stads fastigheter är miljövänlig och ekonomisk. Till riskerna med fjärrvärmeproduktionen hör produktions-, miljö- och ekonomirisker. Ifall något distributionsrör skulle få större skador eller vid större elavbrott kan värmetillförseln till kunden bli otillräcklig under årets kallaste dagar. Detta undviks ändå så gott det går genom regelbundna inspektioner och underhåll. Utökningspotentialen för fjärrvärmenätverket i Pargas kärncentrum är begränsad i dagsläget så en utökning till produktion av övriga energiformer kunde ses som en möjlighet.

5.1.2 Houtskärs fliskraftverk

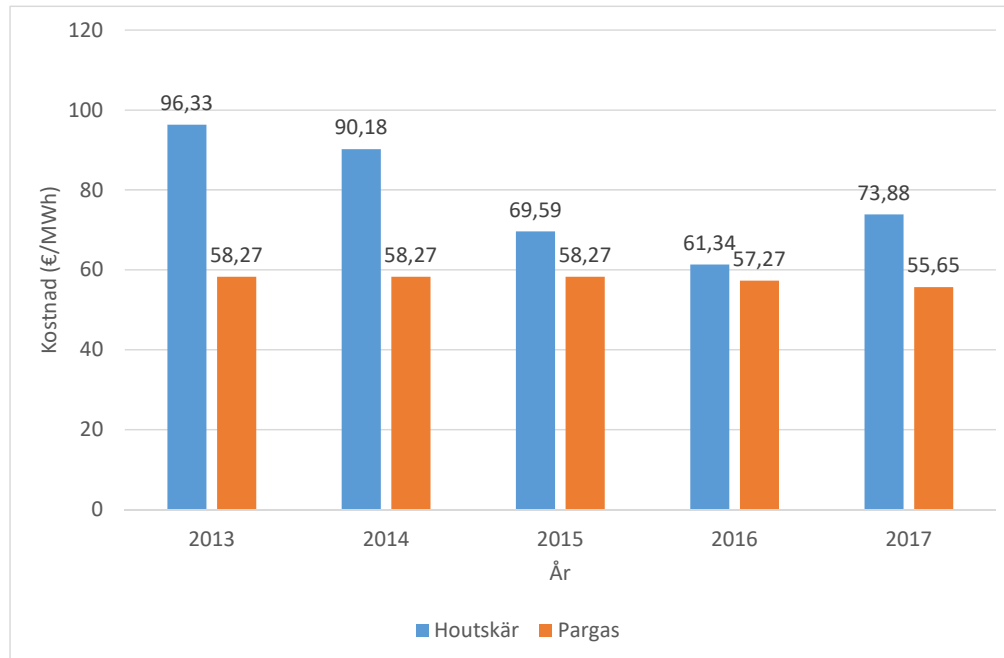
Houtskärs fliskraftverk byggdes 2007 - 2008 och består av två flispannor som producerar fjärrvärme till serviceboendet Fridhem och Träsk skola inklusive idrottshallen i Pargas stads ägo. Dessutom säljs det värme till Väståbolands hyreshus och Houtskärs pensionärsbostadsförening.

Tabell 24: Houtskärs fliskraftverk

Flispanna	Fridhem (Totalt 1 282 m ²)	Träsk skola (Totalt 1 428 m ²)
Uppvärmning	Fridhem, Pensionärsbostadsförening & Väståbolands hyreshus	Träsk skola & idrottshall
Toppeffekt	300 kW	250 kW
Värmeproduktion 2016	510 MWh	278 MWh
Värmeproduktion 2017	586 MWh	313 MWh

Vid både Fridhem och Träsk skola finns det oljepannor som även körs under vissa perioder av året. Värmen från oljepannorna och fliskraftverket uppmäts med samma mätare så värmen

faktureras enligt oljans medelpris det aktuella året och beräknat med en oljepannverkningsgrad på 90 % och ett oljeenergiinnehåll på $10 \frac{\text{kWh}}{\text{l}}$. I figur 21 jämförs det fakturerade priset på fjärrvärmens från Houtskärs fliskraftverk och Pargas fjärrvärme Ab 2013 - 2017.



Figur 21: Jämförelse av fakturerat fjärrvärmepris i Pargas kärncentrum och Houtskär (moms 0 %)

Det kan ses att de år som oljan har varit dyr har också det fakturerade värmepriset varit nästan 70 % högre i Houtskär och de åren oljans pris varit lägre närmar sig priserna varandra. Det är fortfarande en ganska mycket högre fakturerad kostnad för värmen i Houtskär. En liten skillnad är förväntad på grund av fliskraftverkens storleksskillnad och skillnader vid inköp av biomassa.

Lönsamhetskalkyler för fliskraftverket 2012, 2014 och 2015 har gjorts av Enckell och sammanfattas i tabell 25, 26 och 27. Observera att det i de presenterade beräkningarna i detta arbete har använts oljepriser från Ölly & Bio polttoainealas statistik över konsumentprisens utveckling eftersom priserna på oljan i Enckells kalkyler ansågs vara lite låga [?]. Det egna arbetets mängd för värmeproduktionen har Enckell uppskattat utifrån intervjuer med de ansvariga och kan därför endast ses som uppskattningar. Kostnaden för hela anläggningen med en mervärdesskatt på 0 % uppgick till 350 000 €.

Tabell 25: Lönsamhetskalkyl för Houtskärs fliskraftverk 2012 [17]

Eget arbete (traktor)	$115 \text{ h} \cdot 65 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 7\,475 \text{ €}$
Eget arbete (annat)	$125 \text{ h} \cdot 40 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 5\,000 \text{ €}$
Flismängd ($0,87 \frac{\text{MWh}}{\text{m}^3}$)	$783,9 \text{ m}^3$
Fliskostnader inkl. trä, transport och flisning: $27 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$	$21\,165,50 \text{ €}$
Köpta underhållskostnader	$2\,500 \text{ €}$
Investeringskostnader 25 år (1 % ränta)	$15\,820 \text{ €}$
Kostnader totalt	$51\,960,30 \text{ €}$
Årlig producerad mängd energi	682 MWh
Produktionskostnad ($\frac{\text{€}}{\text{MWh}}$)	$76,20 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$
Energi i olja ($10 \frac{\text{MWh}}{\text{m}^3}$, verkn.grad. 90%)	$75,8 \text{ m}^3$
Kostnad för olja ($0,91 \frac{\text{€}}{\text{l}}$)	$68\,959,80 \text{ €} : 101,10 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$
Differens	$68\,959,80 \text{ €} - 51\,960,30 \text{ €} = +16\,999,60 \text{ €}$
Oljepris för att gå jämnt ut	$51\,960,30 \text{ €} / 75\,780 \text{ l} = 0,69 \frac{\text{€}}{\text{l}}$

Tabell 26: Lönsamhetskalkyl för Houtskärs fliskraftverk 2014 [17]

Eget arbete (traktor)	$130 \text{ h} \cdot 65 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 8\,450 \text{ €}$
Eget arbete (annat)	$135 \text{ h} \cdot 40 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 5\,400 \text{ €}$
Flismängd ($0,87 \frac{\text{MWh}}{\text{m}^3}$)	918,39 m ³
Fliskostnader inkl. trä, transport och flisning: $26 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$	23 878,20 €
Köpta underhållskostnader	2 500 €
Investeringskostnader 25 år (1 % ränta)	15 820 €
Kostnader totalt	56 048,20 €
Årlig producerad mängd energi	799 MWh
Produktionskostnad ($\frac{\text{€}}{\text{MWh}}$)	$70,15 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$
Energi i olja ($10 \frac{\text{MWh}}{\text{m}^3}$, verkn.grad. 90%)	88,8 m ³
Kostnad för olja ($0,82 \frac{\text{€}}{\text{l}}$ medelpris)	$72\,797,80 \text{ €} : 91,10 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$
Differens	72 797,80€ - 56 048,20 € = +16 749,60 €
Oljepris för att gå jämnt ut	$56\,048,20 \text{ €} / 88\,780 \text{ l} = 0,63 \frac{\text{€}}{\text{l}}$

Tabell 27: Lönsamhetskalkyl för Houtskärs fliskraftverk 2015 [17]

Eget arbete (traktor)	$130 \text{ h} \times 65 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 8\,450 \text{ €}$
Eget arbete (annat)	$135 \text{ h} \times 40 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 5\,400 \text{ €}$
Flismängd ($0,87 \frac{\text{MWh}}{\text{m}^3}$)	$860,9 \text{ m}^3$
Fliskostnader inkl. trä, transport och flisning: $25 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$	$21\,523 \text{ €}$
Köpta underhållskostnader	$2\,500 \text{ €}$
Investeringskostnader 25 år (1 % ränta)	$15\,820 \text{ €}$
Kostnader totalt	$53\,693 \text{ €}$
Årlig producerad mängd energi	749 MWh
Produktionskostnad ($\frac{\text{€}}{\text{MWh}}$)	$71,70 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$
Energi i olja ($10 \frac{\text{MWh}}{\text{m}^3}$, verkn.grad. 90%)	$83,22 \text{ m}^3$
Kostnad för olja ($0,68 \frac{\text{€}}{\text{l}}$ medelpris)	$56\,589,60 \text{ €} : 75,60 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$
Differens	$56\,589,60 \text{ €} - 53\,693 \text{ €} = +2\,896,60 \text{ €}$
Oljepris för att gå jämnt ut	$53\,693 \text{ €} / 83\,220 \text{ l} = 0,65 \frac{\text{€}}{\text{l}}$

Ur tabellerna kan det ses att under 2012, 2014 och 2015 har värmeproduktionen varit lönsam då investeringens livslängd antagits vara 25 år. För att investeringen inte skulle varit lönsam krävs ett ungefärligt medeloljepris på under $0,66 \frac{\text{€}}{\text{l}}$ under de tre åren. I stadens bokföring har investeringen en 30 års avskrivningsplan men enligt Maatilan Hakelämmitysopas har en motsvarande anläggning en brukstid på 15 - 20 år [42]. Ifall lönsamhetskalkylerna beräknas med en investeringsperiod på 15 år istället för 25 år blir differenserna för åren

- 2012: + **7 656,30 €**

- 2014: + **7 406,60 €**

- 2015: - **6 446,40 €**

d.v.s. 2012 och 2014 har värmeproduktionen varit lönsam men inte 2015. I genomsnitt krävs det att medeloljepriset för det tre åren ligger över $0,77 \frac{\text{€}}{\text{l}}$ för att investeringen ska vara lönsam med en 15 års brukstid. Under 2016 och 2017 har den lätta brännoljans medelpris legat under denna nivå så ifall det antas att produktionskostnaderna ligger vid ungefär samma nivå som för 2014 och 2015 har produktionen inte varit lönsam enligt dessa kalkylparametrar.

En 15 års brukstid är dock ett rätt så pessimistiskt antagande för hela anläggningen. Vissa systemdelar kan behöva repareras eller bytas ut tidigare än andra men överlag kan en brukstid på 20 - 25 år anses vara mera realistisk vilket gör investeringen lönsam ifall oljepriserna hålls konstanta eller ökar. Utöver fliskraftverkets ekonomiska lönsamhet så bidrar det till att sysselsätta lokal arbetskraft och minskar utsläppen från oljeanvändning, två positiva aspekter som bör tas i beaktande.

I dessa kalkyler är det värt att beakta att det fakturerade energipriset till största del endast är en intern omplacering av pengar inom Pargas stad eftersom både produktionen av flisvärme och uppvärmningsmålen är i Pargas stads egen regi. Det fakturerande fjärrvärmepriset i Houtskär borde teoretiskt sett vara i samma storleksklass som den fakturerade kostnaden för fjärrvärmens i Pargas kärncentrum vilket inte är fallet med de angivna produktionskostnaderna i tabell 25, 26 och 28.

Ett alternativ för Houtskärs fliskraftverk är att hitta en utomstående värmeproducent som sköter värmeproduktion samt underhåll och säljer värme till en överenskommen avgift åt Pargas stad. Det fakturerade medelpriset för fjärrvärme senaste 5 åren i Pargas kärncentrum har varit ca. $58 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$. Ifall en värmeproducent i Houtskär hittas som klarar av att producera flisvärme till en kostnad under detta kunde överlåtelsen av flisvärmeverksamheten ske genom att Pargas stad faktureras ett värmepris enligt ekvationen

$$C = 58 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} - (10 - Y)$$

där C är det fakturerade värmepriset och Y är antalet år efter kontraktet skrevs. Ifall kontraktet är 10 år minskar Pargas stads värmekostnader med totalt ca. 130 000 € och efter denna period övergår fliskraftverket helt till producentens ägo och Pargas stad fortsätter köpa värme till ett överenskommet pris. Exakta längden på ett dylikt kontrakt och den fakturerade avgiften måste bestämmas tillsammans med den potentiella värmeproducenten.

5.1.3 Rekommendation

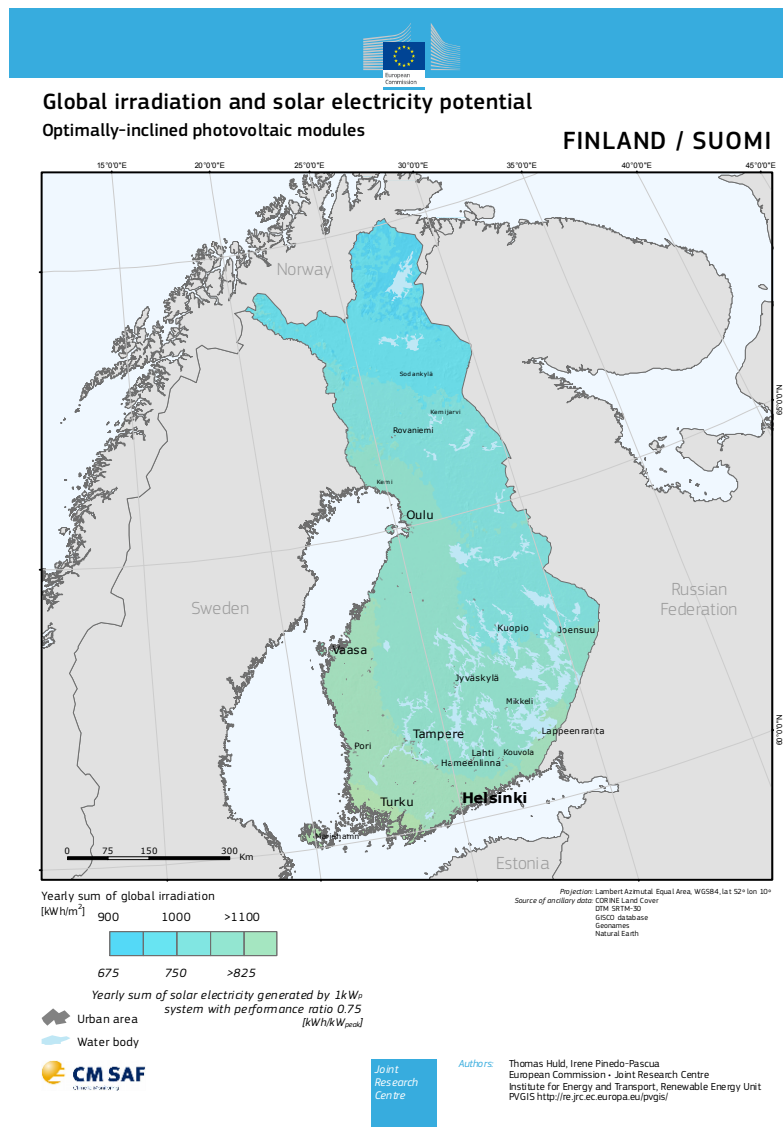
Fjärrvärmen i Pargas kärncentrum fungerar bra men de flesta fastigheter som realistiskt kan anslutas till nätverket är redan anslutna så det finns inte så stor utvecklingsmöjlighet kvar. Problemet med Pargas stad geografiskt är den stora ytan fastighetsmassan är utspridd på. Detta gör det svårt att implementera något lönsamt storskaligt fjärrvärmesystem i skärgården på grund av långa rörledningar och distributionsproblem. Istället måste produktionen ske i mindre fjärrvärmekraftverk, t.ex. Houtskärs fliskraftverk, som förser värme till endast någon eller några närliggande fastigheter och detta leder även till högre produktionskostnader. Houtskärs fliskraftverk har enligt producerad värmemängd och angiven information av stadens tjänstemän beräknats vara en lönsam investering ifall kraftverkets livstid uppgår till ca. 20 år. Ifall det fungerar med lokal fjärrvärmeproduktion på Houtskär kunde det säkerligen fungera i Nagu och Korpo också men då bör lönsamheten jämföras med en liknande investering i bergvärmepumpar. I Enegias utredning har lönsamheten beräknats för ett fliskraftverk som skulle producera en årlig värmemängd på totalt 830 MWh till Grannas, Nagu högstadium, Nagu lågstadium och Nagu områdeskontor. Årliga besparingen beräknades till 41 000 €, men i den summan har eget arbete inkluderat i produktionen inte tagits i beaktande. Mängden värme producerad i Houtskärs fliskraftverk 2017 var 899 MWh så de två fliskraftverken är i samma storleksklass och det egna arbetets mängd kan därmed anses vara lika stort. Då skulle kostnaderna för eget arbete uppgå till ca. 14 000 € och den årliga besparingen minskar till 27 000 €. För Korpo skolcenter har besparingspotentialen beräknats till samma storleksklass. Ett fliskraftverk skulle även sysselsätta lokal arbetskraft.

Genom att lämna ut flisvärmeverksamheten i Houtskär till en utomstående producent minskar andelen eget arbete som krävs för Pargas stad. Det är även möjligt att produktionskostnaden skulle effektivieras och produktionen optimeras med en utomstående producent som strävar efter en så låg produktionskostnad som möjligt. Fliskraftverket kan antingen säljas direkt enligt en överenskommen summa baserat på fliskraftverkets restvärde eller så kan en liknande metod som beskrevs i kapitel 5.1.2 användas.

En mindre åtgärd för Pargas stad kunde vara att installera ytterligare energimätare vid Houtskärs fliskraftverk för att kunna skilja på värmen från fliskraftverket och från oljepannan. Med denna åtgärd skulle det fakturerade fjärrvärmepriset inte längre vara beroende av oljans kostnad, utan det verkliga produktionspriset för fliskraftverkets värme kunde bättre tas i beaktande.

5.2 Solenergi

Solenergi är en förnybar energikälla som kan användas genom att omvandla solens strålning till antingen elenergi eller värmeenergi. Den totala energimängden från solljus som träffar jordytan uppgår till $170\,000 \frac{\text{TWh}}{\text{år}}$ men endast en bråkdel av den energin används till antingen el- eller värmeproduktion. Mängden solenergi som kan utvinnas beror väldigt mycket på tidpunkt och årstid. I södra Finland fås 90 % av strålningsenergin under mars - septembermånad och under sena kvällar och nätter är strålningen nästan obefintlig [23]. Detta ger upphov till ett problem när efterfrågan av värme och el är som lägst under de dagar och tidpunkter när mest solenergi kan utvinnas. Speciellt i en kommun med mycket skolor och daghem är förbrukningen låg under de soliga sommardagarna när strålningsenergin är som högst. Ett lösningsalternativ till detta problem skulle vara att lagra energin och utnyttja den senare när behovet är större men lagringsmöjligheter av förnybar energi är fortfarande väldigt dyra så det är inte lönsamt att producera mer solenergi än den egna förbrukningen under varma och soliga dagar. Södra Finland är bra beläget för solenergi och strålningmängden motsvarar den i norra Tyskland. I figur 22 illustreras mängden årlig strålningsenergi per m^2 horisontell yta i olika delar av Finland.



Figur 22: Årlig strålningsmängd från solen i Finland [64]

Solenergi brukar indelas i solex som utvinns med hjälp av fotovoltaiska solceller och solvärme som kan utvinnas både passivt eller aktivt med t.ex. solfångare. Enligt energimyndigheten fanns det i Finland 2016 ca. 27 MW installerad solexproduktionskapacitet i anläggningar med en effekt under 1 MW. Det är en ökning på över 200 % från 2015 då det fanns ca. 8 MW installerad solexproduktionskapacitet. Överlag växer solenergimarknaden kontinuerligt och nya tekniker kommer i snabb takt ut på marknaden till lägre priser.

5.2.1 Solvärme

Solfångare absorberar så mycket som möjligt av solens strålningsenergi och överför den till ett värmemedium i form av värmeenergi. Värmeenergin förs sedan vidare till lagring i t.ex. en varmvattentank eller direkt till användningsområdet. Ett dylikt värmesystem består oftast av solfångare, värmelagring och ett rörnätverk inklusive pump- och styrsystem. De vanligaste teknikerna för solfångare i kommersiellt bruk är plana solfångare och vakuumrörsolfångare.

Plana solfångare använder ett mörkt element som värms upp genom att absorbera en stor del av solens strålning. Under elementet cirkulerar ett värmemedium som tillförs värme i ett rörnätverk och transporterar värmen vidare. Ett element är ca. 2 - 4 m² och för uppvärmning av varmvatten eller en fastighet kan den årliga produktionen antas vara 400 - 500 $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$. Enligt IEA fanns det 2016 i Finland en installerad solvärmekapacitet på 47 MW med en total area, A , på 66 800 m² och en total produktion, P_{tot} , på 27 $\frac{\text{GWh}}{\text{år}}$ [75]. I Helsingfors är det genomsnittliga värmeflödet \bar{Q} under hela året ca. 110 $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$. Med dessa parametrar kan solfångarnas genomsnittsproduktion av värmeenergi, P_{medel} , beräknas till

$$P_{medel} = \frac{27 \frac{\text{GWh}}{\text{år}} \cdot 10^6 \frac{\text{kWh}}{\text{GWh}}}{66\,800 \text{ m}^2} = 404 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}.$$

Medelverkningsgraden, η , eller hur mycket av solens strålning som tas tillvara som värme kan beräknas med ekvationen

$$\eta = \frac{P_{tot}}{\bar{Q} \cdot 10^{-9} \frac{\text{GW}}{\text{W}} \cdot A \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 365 \text{ d}}$$

till

$$\eta = \frac{27 \text{ GWh}}{110 \cdot 10^{-9} \frac{\text{GW}}{\text{W}} \cdot 66\,800 \text{ m}^2 \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 365 \text{ d}} = 41,9 \, \%.$$

Vakuumrörsolfångare består av solljusabsorberande glastuber varifrån luften har avlägsnats så att det bildas ett vakuum inuti röret. Detta minskar avsevärt på värmeförlusterna, speciellt i de fall när det råder stor temperaturdifferens mellan glastuben och den omgivande luften. När solen lyser värms ett värmemedium inuti tuberna som sedan cirkulerar och avger värme eller så förångas värmemediet och avger sedan värme via kondensering i en värmeväxlare. De solfångare som överför värme genom förångning och kondensering är mycket effektivare än de som endast cirkulerar värmemediet.

Det finns även andra tekniker, t.ex. integrerade modeller som är integrerade i en byggnads

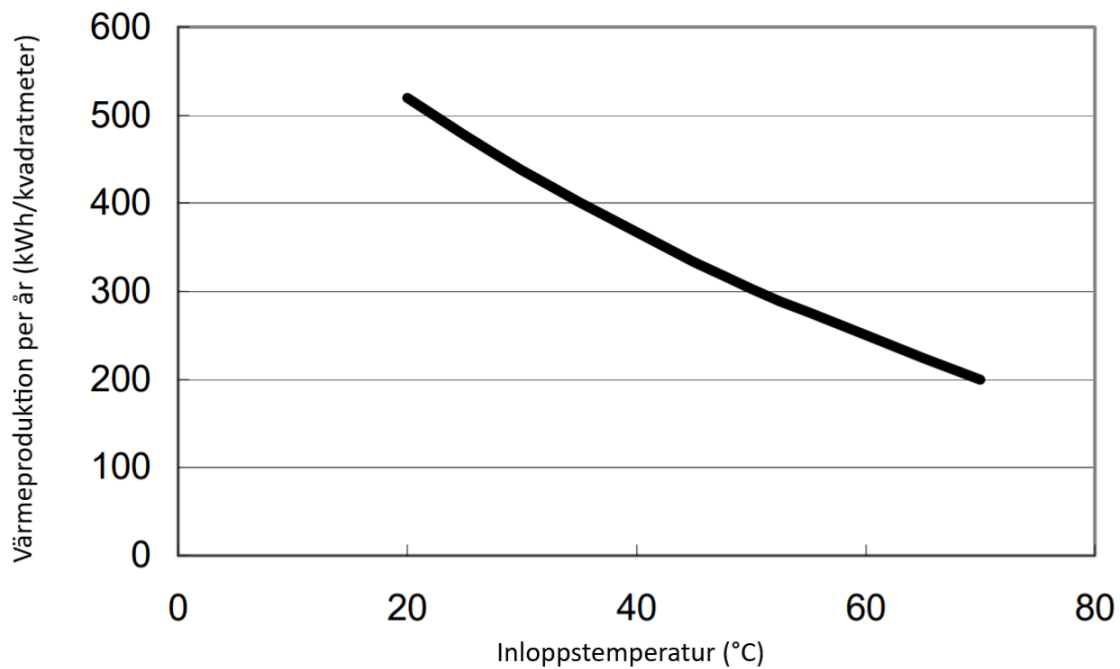
fasad och termisk solkraft som utnyttjar linser eller speglar för att koncentrera solljuset till ett mindre område och på så sätt uppnå större värmeeffekt. Dessa kommer inte behandlas mer ingående i detta arbete eftersom de anses vara opraktiska för en kommun som Pargas.

I tabell 28 visas olika solfångares verkningsgrader jämfört med temperaturskillnaden mellan omgivande luften och solfångarnas genomsnittstemperatur [45]. De vakuumfyllda solfångarna är effektiva vid höga temperaturskillnader men deras kostnad är också 30 - 50 % högre.

Tabell 28: Verkningsgrad för olika sorters solfångare enligt temperaturskillnad mellan omgivande temperatur och solfångaren

Temperaturskillnad	10	20	30	40	50	60
Effektiv solfångare	85 %	80 %	75 %	69 %	63 %	57 %
Genomsnittlig solfångare	63 %	60 %	57 %	55 %	52 %	49 %
Effektiv vakuumrörsolfångare	72 %	70 %	68 %	66 %	64 %	61 %
Genomsnittlig vakuumrörsolfångare	73 %	67 %	61 %	55 %	48 %	42 %

Alla vattenburna solfångare fungerar bättre vid lägre inkommande temperaturer vilket kan ses i figur 23. Detta betyder att den återcirkulerande strömmen från uppvärmningssystemet bör ha en låg temperatur. Precis som med värmepumpar är golvvärmesystem med låg cirkulerande temperatur att föredra framom radiatorsystem, ifall det inte är ett överdimensionerat radiatorsystem som möjliggör lägre frammatningstemperatur.



Figur 23: Solfångares effekt jämfört med inloppstemperatur [74]

Solvärmesystem fungerar även bra som hybridlösning i samband med andra uppvärmningsmetoder som bergvärme eller oljeuppvärmning. I bergvärmens fall är det en bra lösning eftersom solvärmen kan användas till att förvärma värmemediet från berggrunden innan det når värmepumpen och på så sätt förbättras värmepumpens verkningsgrad. Under sommarmånader när solenergin är överflödig och värmepumpens uppvärmningsbehov är minimalt kan överlopps solvärme pumpas ner i värmepumpens borrhål så att värmen lagras i berggrunden vilket leder till en bättre verkningsgrad för värmepumpen under kallare månader. Detta fungerar bäst vid s.k. torra brunnshål där det inte flödar något grundvatten som för bort solenergin.

Motiva ger en uppskattad livslängd på ca. 30 år för ett solvärmesystem och underhållskostnaderna under den tiden antas uppgå till 5 - 10 % av initialinvesteringens kostnad. Medelkostnader med 0 % mervärdesskatt för anskaffning av olika storlekars solfångarsystem 2014 - 2015 kan ses i tabell 29.

Tabell 29: Kostnader för olika storlekars solfångarsystem [5]

	Kostnad inkl. installation	Underhållskostnader
Små system (4 - 20 m ²)	500 - 1 000 $\frac{\text{€}}{\text{m}^2}$	50 - 100 $\frac{\text{€}}{\text{m}^2}$
Medelstora system (20 - 100 m ²)	500 - 750 $\frac{\text{€}}{\text{m}^2}$	40 - 60 $\frac{\text{€}}{\text{m}^2}$
Stora system (100 - 1 000 m ²)	400 - 500 $\frac{\text{€}}{\text{m}^2}$	20 - 25 $\frac{\text{€}}{\text{m}^2}$
Industrisystem (15 000 m ²)	280 - 340 $\frac{\text{€}}{\text{m}^2}$	ca. 20 $\frac{\text{€}}{\text{m}^2}$

Nedan följer en exempelkalkyl på en anskaffning av ett solvärmesystem med en topp effekt på 25 kWp och en yta på ca. 30 m². Systemet ersätter delvis befintlig oljeuppvärmning i en fastighet. Kostnaden för ett sådant system kan antas uppgå till

$$\left(600 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} + 50 \frac{\text{€}}{\text{m}^2}\right) \cdot 30 \text{ m}^2 = 19\,500 \text{ €}$$

inklusive underhållskostnader. Värmeproduktionen Q under en livslängd på 30 år kan räknas enligt ekvationen

$$Q = 30 \text{ år} \cdot 0,4 \frac{\text{MWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{år}} \cdot 30 \text{ m}^2 = 360 \text{ MWh}$$

vilket under hela livslängden ger en medelenergikostnad på

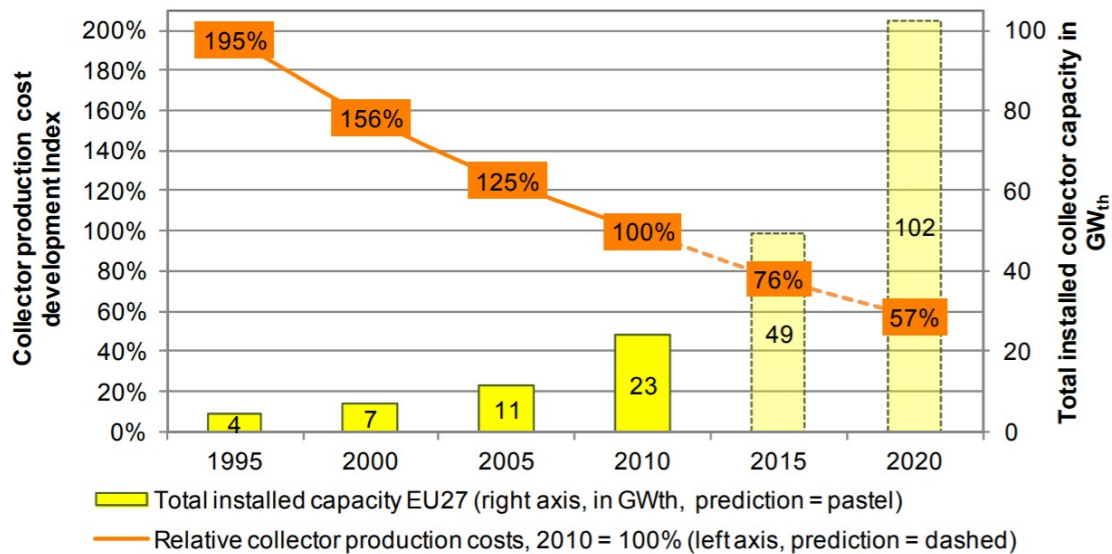
$$\frac{19\,500 \text{ €}}{360 \text{ MWh}} = 54,2 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}.$$

Jämfört med oljeuppvärmningen som 2017 kostade ca. 69 $\frac{\text{€}}{\text{MWh}}$ med 90 % verkningsgrad är solvärmens klart förmånligare. Att producera samma mängd värme med olja skulle medföra en total kostnad på

$$69 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} \cdot 360 \text{ MWh} = 24\,840 \text{ €}$$

d.v.s solvärmens innebär en kostnadsbesparing på ca. 22 % och minskade koldioxidutsläpp på närmare 100 ton under hela livslängden. Osäkerheter i kalkylen är oljemarknadens fluktuation och solvärmens kostnad, teknologikutveckling och prestanda. Figur 24 visar statistik över totala installerade kapaciteten av solvärme i 27 EU-länder tillsammans med relativa produktionskostnaden för solfångare inklusive en prognos för 2015 - 2020. Utifrån figuren

kan det med god säkerhet antas att kostnaden för solvärme kommer fortsätta minska. I kalkylen har inte heller beaktats det stöd på 20 % som kan beviljas kommuner vid investering i solvärmesystem. Med stödet och kostnadsprognosen medräknade minskar solvärmens produktionskostnad till närmare $40 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$.



Figur 24: Total installerad solvärmekapacitet och produktionskostnad för solfångare [12]

5.2.2 Solel

Precis som med solvärme används solens strålningsenergi till produktion av solel. Till detta används s.k. fotovoltaiska solceller oftast tillverkade av kiselkristaller. Dessa fotovoltaiska solceller är vad som i dagligt tal kallas för "solpaneler". Solcellerna producerar likström av solens strålningsenergi och i de flesta fall krävs en inverter som omvandlar likströmmen till växelström.

Vid anskaffning av ett solcellssystem är planeringsskedet viktigt. Speciellt bör panelernas dimensionering, kostnad och installationsriktning beaktas tillsammans med fastighetens förbrukade mängd el, elavgift och eventuella hinder som kan skugga panelerna. Moderna solcellssystem har en beräknad livslängd på ca. 30 år och ofta ges en produktionsgaranti över

hur mycket el panelerna borde producera under livslängden. Vanliga garantier är 90 % av panelernas angivna topp effekt under de 10 första åren och 80 % av topp effekten under de första 25 åren. I värsta fall kan panelernas effekt sjunka med någon procent per år vilket bör tas i beaktande vid dimensioneringen. Batterier och invertrar kan antas ha en livslängd på ca. 15 år.

För egenproducerad sol el tillkommer ingen överföringsavgift eller skatt när elen används till eget bruk inom fastighetsgränsen. Endast ifall elen går genom fastighetens mätare och ut till det lokala överföringsnätverket tillkommer skatt och överföringsavgift. Dessutom bör solelssystemet vara mindre än 100 kVA och årsproduktionen under 800 000 kWh. Ifall inte all el används till eget bruk kan överlopps el säljas tillbaka till elnätet men priset är så lågt att det ofta gör investeringens återbetalningstid väldigt lång. Därför är det väsentligt att dimensionera så att fastighetens egna förbrukning täcker solpanelernas toppproduktion åtminstone till 80 - 90 % en solig sommardag. [46]

Ett solelssystem används optimalt ifall det kan kopplas till ett smart elnätverk med informations- och styrteknik där automation används för att jämna ut eventuell över- eller underproduktion och effekttoppar. Solelen kan även under varma sommardagar användas till kylning med t.ex. värmepump eller till uppvärmning av varmvatten med ett elmotstånd. För att använda egenproducerad el även under de tidpunkter med minimal solenergi krävs någon form av lagring, t.ex. med ett batteri, under de tidpunkter när solelproduktionen är riklig. För mindre fastigheter och sommarstugor kan det vara oundvikligt att ha ett batteri med i solelssystemet men för fastigheter kopplade till det fasta elnätverket är det mera sällsynt med lagring. Detta beror på att elen lätt kan köpas in utifrån de tidpunkter egen sol el inte produceras och lagringsmöjligheter är fortfarande i dagens läge så dyra att återbetalningstiden för hela systemet förlängs avsevärt. När el- och hybridbilar blir allt vanligare medför de en intressant möjlighet i och med att deras batterier kan användas till lagring av förnybar energi och ifall de har tillräckligt stor kapacitet kan batterierna t.o.m. hjälpa till att jämna ut elförbrukningen så att kapacitetsavgifter kan minskas. Kapacitetsavgifter behandlas mera ingående i kapitel 6.1.

Kostnaden för produktion av el med fotovoltaiska solcellssystem under systemets hela livslängd kan beräknas med LCOE-metoden som står för Levelized Cost of Energy. Denna kostnad har minskat från 0,35 $\frac{\text{USD}}{\text{kWh}}$ till 0,09 $\frac{\text{USD}}{\text{kWh}}$ 2010 - 2017 och antas fortsätta minska under de kommande åren. LCOE beräknas enligt ekvationen

$$LCOE = \frac{C_i}{P_{tot} \cdot L}$$

där C_i är investeringskostnaden angiven i €, P_{tot} är totalproduktionen angiven i kWh och L är panelernas livslängd angiven i år. I nuläget ligger kostnaden på samma nivå eller under fossila bränslens kostnad vilket gör soleken till en väldigt attraktiv energikälla i synnerhet med tanke på att den även minskar de fossila bränslenas utsläpp [27].

Medelkostnad för nycklarna i handen upphandling av olika storlekar solcellssystem 2016 kan ses i tabell 30. Även om priset är väsentligt vid planeringsskedet lönar det sig att även beakta andra egenskaper som panelernas kvalitet, förväntade livslängden och tillverkarens garantier.

Tabell 30: Kostnader för olika storlekar solcellssystem [6]

Systemstorlek	Kostnad inkl. installation med mervärdesskatt 0 %
Under 1 kW (utanför elnätet)	5 000 $\frac{\text{€}}{\text{kWp}}$
Under 10 kW	1 300 - 2 000 $\frac{\text{€}}{\text{kWp}}$
10 - 250 kW (mest aktuell)	1 050 - 1 350 $\frac{\text{€}}{\text{kWp}}$
Över 250 kW	950 - 1 300 $\frac{\text{€}}{\text{kWp}}$
Över 1 MW	1 000 - 1 200 $\frac{\text{€}}{\text{kWp}}$

I tabell 31 har en exempelkalkyl baserad på kostnaderna i tabell 30 gjorts där 10 av Pargas stads fastigheter skulle förses med enskilda solcellssystem på 15 kWp effekt, samma effekt som Pargas stadshus solcellssystem. Datat till beräkningarna har tagits från FinSolar [46].

Tabell 31: Lönsamhetskalkyl för 10 stycken solcellssystem

	Beräkningar
Total kostnad (mervärdesskatt 0 %)	$150 \text{ kWp} \cdot 1\,200 \frac{\text{€}}{\text{kWp}} = 180\,000 \text{ €}$
Total effekt	$10 \cdot 15 \text{ kWp} = 150 \text{ kWp}$
Total årsproduktion	$150 \text{ kWp} \cdot 850 \frac{\text{kWh}}{\text{kWp}} = 127\,500 \text{ kWh}$
Livslängd	30 år
Underhållskostnader	$0,005 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$
LCOE-produktionskostnad	$0,052 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$
Investeringsstöd	25 %
LCOE-produktionskostnad (inkl. stöd)	$0,040 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$

Beräkningarna visar tydligt att egen producerad sol el redan nu är betydligt förmånligare än inköpt el ifall överföringsavgifter och skatter räknas med. Med erhållet investeringsstöd sjunker produktionskostnaden till ca. 4 cent per kWh.

5.2.3 Montering

Solpanelssystem kan antingen monteras på marken eller på en byggnads väggar eller tak och den optimala riktningen är åt söder med ca. 40 graders lutning. Ifall panelerna vinklas med hjälp av ställningar och inte läggs direkt liggandes längs med taket måste det finnas tillräckligt mellanrum mellan panelraderna så de inte skuggar varandra. Solpaneler kan med olika fastsättningssystem monteras på tegel-, plåt- och bitumentak ifall taket kan bära den extra vikten. Om taket inte är lutande räcker det även i vissa fall med endast tyngder för att få panelerna att hållas på plats. Ett annat alternativ är byggandet av tak på parkeringsområden och montering av solpaneler på dessa. Då kan underhållsarbete som snöplogning på vintern undvikas och denna kostnadsbesparing kan räknas till godo vid beräkning av återbetalningstiden för solpaneler.

I tabell 32 finns potentiella fastigheter för solcellssystem i Pargas kärncentrum presenterade tillsammans med kommentarer om takens material och skick.

Tabell 32: Fastigheter med solpanelspotential i Pargas kärncentrum

Fastighet	Takets skick	Övrig kommentar
Malmkulla	Bitumentak, 60 % ok	800 m ² förnyas 2018
Björkebo	Takpanneplåt, ok	
Pargas svenska gymnasium	Bitumentak, ok	
Pargas hälsocentral	Bitumentak, 60 % ok	En del förnyas 2018
Sarlinska högstadiet	Ok	Målat 2016
Björkhagens skola	Tegeltak, 70 % ok	
Kirjala daghem	Tegeltak, ok	25 år gammalt
Skräbböle skola	Plåttak, ok	Byggt 2015
Pargas brandstation	Bitumentak, ok	15 år gammalt
Nilsby nya skola	Ok	Byggt 2004, målat 2016
Pargas finska högstadium	Plåttak, 90 % ok	
Stadens lager, depån	Plåttak, ok	Byggt 2014
Björkhagens daghem	Plåttak, ok	Målat ca. 2013
Sagoängens daghem	Plåttak, ok	
Kirjala nya skola	Plåttak, ok	Byggt 2013
Kombila & Kikaren	Plåttak 70 %	
Storgårdin skola och finska gymnasiet	Plåttak	Behov av sanering

5.2.4 Existerande system i Pargas stad

Av fastigheterna i Pargas stads ägo har två stycken monterats med solceller på taken, dessutom har det monterats solceller på fjärrvärmekraftverkets tak i Lövnäs. Det finns också ett mobilt solkraftverk ”Sunplugged” med en effekt på ca. 2 kWp som kan användas till elproduktion vid olika evenemang där fast elnät saknas.

5.2.4.1 Pargas stadshus I september 2015 monterades ett solcellssystem med effekten 15,1 kWp på taket av Pargas stadshus med syfte att generera el för direkt användning i fastigheten. Solcellerna orienterades delvis mot öst med ca. 20 graders lutning och delvis mot söder med samma lutning. Den optimala orienteringen för produktion under sommaren i södra Finland är åt söder med ca. 40 graders lutning. Investeringskostnaden för solcellerna var 19 045 € med 0 % mervärdesskatt och med ett erhållit investeringsstöd på 30 % blev

nettokostnaden 13 331 €. Den 15 mars 2018 efter ca. 30 månaders produktion visade solcellssystemet en kumulativ elproduktion på 27 510 kWh vilket ger en uppskattad årlig produktion på 12 960 kWh och en återbetalningstid på 10,29 år med ett elpris på $0,10 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$. Observera att systemet producerat 27,5 MWh el under 3 vintersäsonger och 2 sommarsäsonger vilket ger en förvrängd bild av totalproduktionen eftersom det produceras en minimal mängd el under vintermånaderna.

5.2.4.2 Nagu områdeskontor På områdeskontoret i Nagu har det i november 2017 monterats ett solcellssystem med en effekt på 15,4 kWp för elproduktion. Kostnaden för detta system var 18 520 € och ett investeringsstöd på 25 % erhöles så totala nettokostnaden blev 13 890 €. Systemet producerade i mars, april och juni 2018 en respektive elmängd på 928 kWh, 1 199 kWh och 1 870 kWh. Ifall detta värde extrapoleras enligt den månatliga produktionsfördelningen från Lövnäs solcellssystem blir den årliga uppskattade produktionen ca. 10 700 kWh. Detta ger en återbetalningstid på 13 år. Värt att notera är de träd som delvis skuggar områdeskontorets tak vilka absolut borde avverkas för att uppnå optimal produktion från solpanelerna.

När det investeras i solceller är det väldigt väsentligt att kolla solcellernas omgivning, något som bör uppmärksammas vid eventuella framtida investeringar.

5.2.4.3 Lövnäs fjärrvärmekraftverk Pargas Fjärrvärme Ab investerade 2015 - 2016 i ett 10,14 kWp solcellssystem som räcker till att förse en stor del av biovärmecentralens elbehov under sommarmånaderna när biopannorna är ur bruk. Investeringskostnaden var 15 230 € och ett investeringsstöd på 30 % erhöles så nettokostnaden blev 10 661 €. År 2017 producerade solcellerna 9 840 kWh vilket ger en återbetalningstid på 10,8 år.

I tabell 33 sammanfattas de tre solcellssystemen.

Tabell 33: Sammanfattning av existerande solcellssystemens specifikationer och prestanda

Fastighet	Effekt	Kostnad	Nettokostnad	Årlig produktion	Återbetalningstid
Pargas stadshus	15,1 kWp	19 045 €	13 331 €	13 534 kWh	9,85 år
Nagu områdekontor	15,4 kWp	18 520 €	13 890 €	10 713 kWh	12,97 år
Lövnäs	10,14 kWp	15 230 €	10 661 €	9 840 kWh	10,83 år

5.2.5 Rekommendation

Överlag har solcellsinvesteringarna i Pargas stad varit lyckade. Ifall de antas ha en livslängd på 30 år kommer de fortsätta producera gratis el efter återbetalningstiden och bidra till en total besparing på 27 270 €, 18 240 € respektive 18 860 €. I dessa beräkningar har stigande elavgifter, minskad produktionseffekt och underhållskostnader antagits jämnas ut varandra så summorna kan ses som en god uppskattning.

Solceller för elproduktion är med dagens teknik och kostnad, ifall 25 % stöd erhålls, en väldigt kostnadseffektiv metod för produktion av förnybar energi. Med konstant stigande elpriser, senast Carunas förhöjning av överföringskostnaden med ca. 6,5 % i juli 2018, lönar det sig att minska på mängden inköpt el. Pargas är beläget på en av de bästa platserna i Finland för solenergiproduktion och kunde utnyttja denna teknik mycket mer än i nuläget med endast tre småskaliga system. Det är ännu osäkert hur länge kommuner kommer kunna erhålla investeringsstöd vid anskaffning av solenergiteknik. Av denna orsak lönar det sig för kommuner att så snabbt som möjligt göra investeringar inom denna sektor istället för att vänta på att priserna på solenergisystem ska minska några ytterligare procent. Trots detta är det värt att beakta att Europeiska kommissionen i september kommer slopa den femåriga begränsning som funnits vid import av kinesiska solpaneler [71]. Från 2013 har kinesiska solpanelstillverkare varit tvungna att sälja paneler inom EU enligt ett minimumpris för att undvika höga tullavgifter. Med denna förändring kommer utbudet av billiga massproducerade kinesiska solpaneler öka och det finns en stor chans att prisen på solpaneler kommer minska till följd av detta. Själva panelkostnaden är ändå mindre än totala investeringskostnaden eftersom transport och montering av panelerna utgör en stor andel av kostnaden. Till följd

av detta medför en minskning av panelkostnaderna inte en så stor förändring av totala investeringskostnaden.

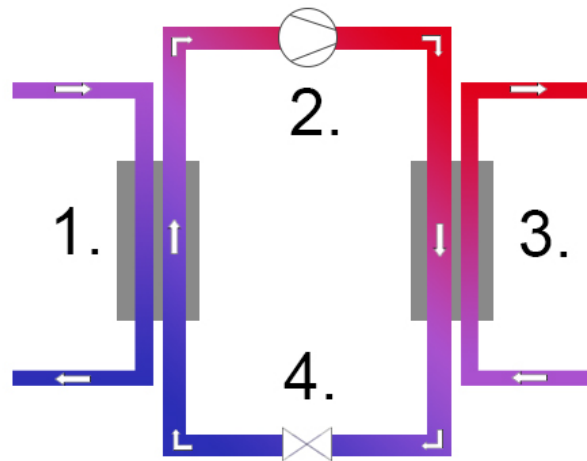
Det finns även många olika upphandlingsmodeller för solenergisystem som gör dem väldigt lämpliga för en kommun som Pargas. Höga investeringskostnader kan undvikas genom att uppgöra s.k. leasing- eller PPA-kontrakt där antingen en månadssumma betalas för hyrningen av solpanelerna eller så betalas endast ett bestämt pris för den producerade elen eller värmen medan ett utomstående företag sköter underhållet av panelerna. Mera om dessa metoder i kapitel 9.

Pargas stad rekommenderas så fort som möjligt påbörja en större investering i solenergi medan kommunen ännu kan ansöka om investeringsstöd. Utöver kostnadsbesparingar visar en solpanelsinvestering, både för kommuninvånare och andra kommuner, att Pargas stad är med i energiutvecklingen och även tänker miljövänligt med framtiden i åtanke. Ifall investeringsbeloppen uppgår till stora summor kan PPA- eller leasingavtal med fördel användas för att minska på behövligt kapital. Ett hybridprojekt med t.ex. bergvärme och solvärme kunde även ha stora fördelar och vara intressant för staden förutsatt att kunskapen och viljan för att få systemet att fungera optimalt finns hos stadens anställda. Ifall staden går in för att införskaffa solenergisystem är det viktigt att även marknadsföra detta utanför stadens egna anställda. Det är säkert många kommuninvånare som skulle vara intresserade att höra hur Stadshusets och Nagu områdeskontors solpanelssystem presterat.

5.3 Värmepumpar

Det finns flera olika varianter av värmepumpar som antingen utnyttjar luft- eller geoenergi. Till luftvarianterna hör luft-luftvärmepump, luft-vattenvärmepump och frånluftsvärmepump. De som utnyttjar geoenergi är markvärmepump, bergvärmepump och vattenvärmepump. I Finland fanns det 2016 över 800 000 installerade värmepumpar och mängden sålda värmepumpar, speciellt luft-vattenvärmepumpar och frånluftsvärmepumpar, har ökat varje år vilket är ett tecken på att de fungerar och befolkningen intresserar sig mer för energieffektivitet och mer hållbara lösningar [76].

Den allmänna funktionsprincipen för en värmepump illustreras i figur 25.



Figur 25: Funktionsschema för värmepump [65]

1. I förångaren passerar värmekällan, antingen utomhusluft eller vatten, det flytande köldmediet som har en låg temperatur och lågt tryck. Köldmediet värms upp av energikällan, börjar koka och övergår till gasform tack vare det låga trycket.
2. I kompressorn komprimeras gasen och trycket ökar varefter temperaturen och kokpunkten för köldmediet också stiger.
3. I kondensorn avger köldmediet värme till inomhusluften eller det vattenburna uppvärmningssystemet genom att åter kondensera till flytande form.
4. Tryckventilen sänker ytterligare köldmediets temperatur och tryck så att det ska kunna ta upp värmekällans värme igen när processen upprepas.

För att hela processen med värmeöverföring från en kallare värmekälla till den varmare inomhusluften ska fungera krävs det en extern mängd el som matas in i värmepumpens kompressor. Den mängd el som behöver tillföras jämfört med mängden värme som kan utvinnas anger värmepumpens värmefaktor. Ifall det tillförs 1 kW eleffekt och 4 kW värmeenergi fås ut blir värmefaktorn 4 eller 400 %. Detta värde kallas för COP- (Coefficient of Performance) eller SCOP-värde (Seasonal Coefficient of Performance) och fungerar ofta som en viktig aspekt vid upphandling och utvärdering av värmepumpar. SCOP-värdet eller årsverkningsgraden anger värmepumpens prestanda under en säsong och ger en mera rättvis bild än COP-värdet då SCOP-värdet tar i beaktande temperaturförändringar under säsongen. Moderna värmepumpar kan komma upp till SCOP-värden på 3,5 - 4 och även närmare 5 i lågenergibyggnader. Jämförs en värmepump med direkt eluppvärmning eller oljeuppvärmning kan en värmepump

tack vare den höga verkningsgraden minska på den inköpta energin med upp till 80 %. [51]

Värmepumpar lämpar sig bäst till lågtemperatursystem med golv- eller takvärme och till överdimensionerade radiatorer med lägre frammatningstemperatur eftersom verkningsgraden då blir högre. Till varmvattenuppvärmning kan solfångare med fördel användas för att minska på värmepumpens belastning. I tabell 34, 35 och 36 visas teoretiska COP- och SCOP-standardvärden för olika NIBE-värmepumpmodeller. Tabellerna anger SCOP- och COP-värden vid frammatningstemperaturer på 35 °C, 45 °C och 55 °C för olika värmepumpar.

Tabell 34: Teoretiska SCOP-värden för NIBE F1345 [59]

NIBE F1345	kW	28	35	46	67
Kallt klimat, 35 °C / 55 °C	SCOP	5,0 / 4,0	4,9 / 3,8	5,0 / 3,9	4,7 / 3,8
Milt klimat, 35 °C / 55 °C	SCOP	4,8 / 3,8	4,7 / 3,6	4,8 / 3,8	4,6 / 3,7

Tabell 35: Teoretiska SCOP-värden för NIBE F1355-28 [59]

	kW	28
Kallt klimat, 35 °C / 55 °C	SCOP	5,4 / 4,2
Milt klimat, 35 °C / 55 °C	SCOP	5,0 / 4,0

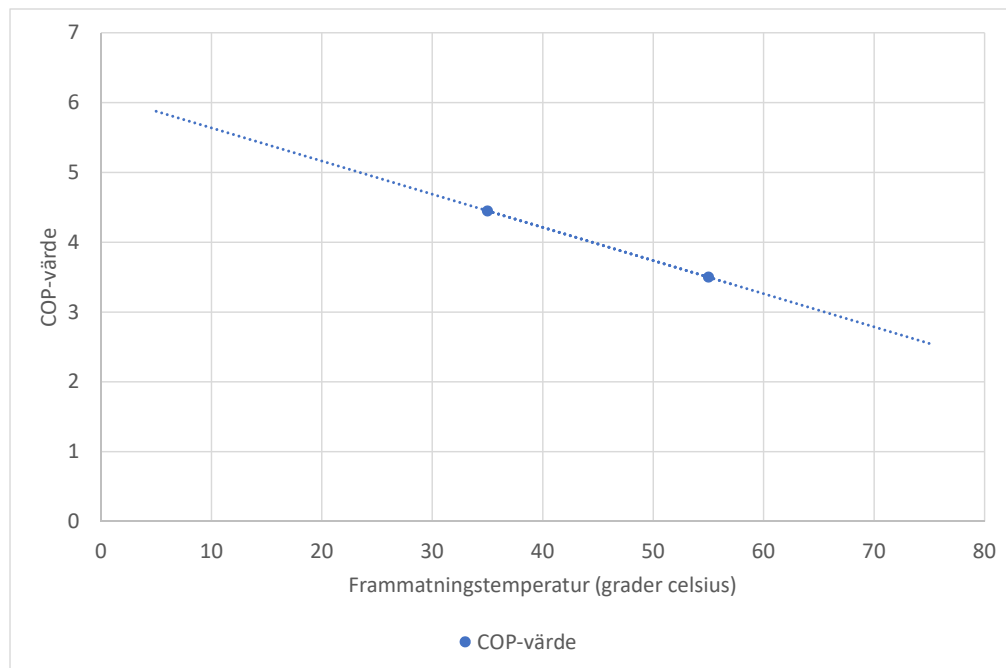
Tabell 36: Teoretiska COP-värden för NIBE F1330 [59]

	kW	22	30	40	60
35 °C / 45 °C	COP	4,32 / 3,41	4,21 / 3,47	3,94 / 3,29	3,71 / 3,16

Från tabell 34, 35 och 36 kan det ses att en lägre frammatningstemperatur ger en betydligt bättre verkningsgrad. Detta bör beaktas vid nybyggen och renoveringsprojekt eftersom vattnets temperatur kan vara betydligt lägre vid golvvärme än i äldre radiatorsystem.

Till följande har två olika bergvärmesystem jämförts för att ta reda på hur frammatningstemperaturen påverkar den totala energikostnaden under en livslängd på 25 år. Skräbböle skola

med golvvärme och Korpo stabshus med radiatorsystem jämfördes för att klargöra energiförbrukningen och kostnaden i de olika fallen. I kalkylerna antogs båda fastigheterna ha ett årligt värmebehov på 200 MWh och teoretiska COP-värden beräknades baserat på medelutomhustemperaturen och den inställda frammatningstemperaturen. Angivna datapunkter för COP-värden i figur 26 har tagits från NIBEs värmepumpspecifikationer och dessa punkter har sedan extrapolerats linjärt för att få COP-värden vid övriga frammatningstemperaturer [59].



Figur 26: Extrapolerat COP-värde baserat på olika frammatningstemperaturer

Frammatningstemperaturer vid olika medelutomhustemperaturer erhöles från värmepumparnas inställda driftkurvor. Dessa presenteras tillsammans med de teoretiskt beräknade COP-värdena i tabell 37 och 38. Medelutomhustemperaturen erhöles från Meteorologiska institutets statistik över Åbo.

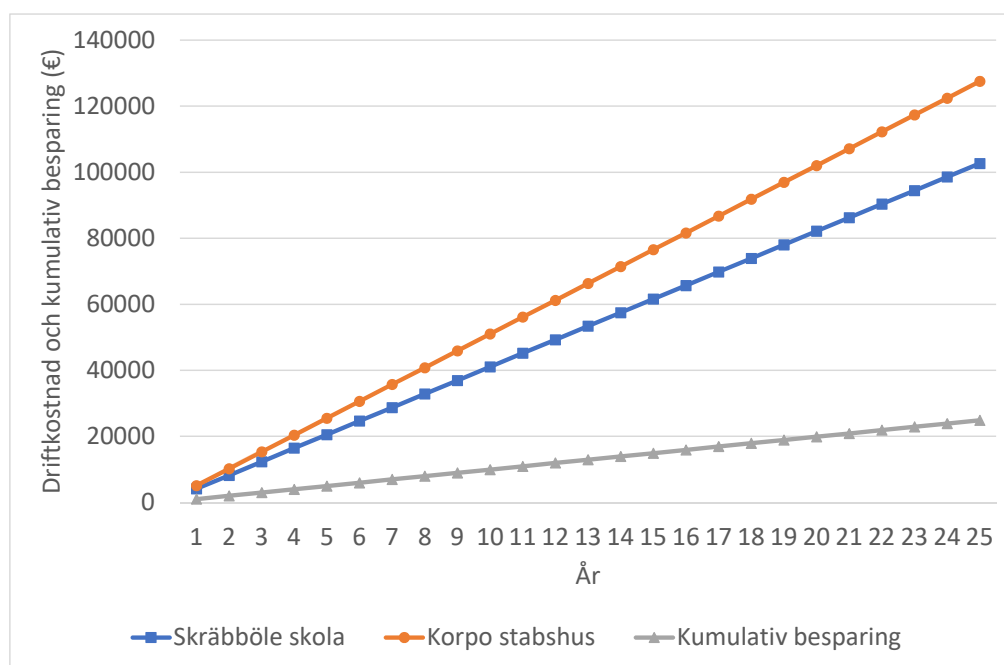
Tabell 37: Korpo stabshus

Månad	Medelutomhus- temperatur (°C)	Frammatnings- temperatur (°C)	Teoretiskt COP-värde
Jan	-2,1	53	3,595
Feb	-2,2	53	3,595
Mar	1,2	51	3,690
Apr	2,9	53	3,595
Maj	9,5	43	4,070
Jun	13,8	38	4,308
Jul	16,5	36	4,403
Aug	16,2	36	4,403
Sep	11,9	41	4,165
Oct	5,5	48	3,833
Nov	3,6	49	3,785
Dec	1,3	51	3,690

Tabell 38: Skräbböle skola

Månad	Medelutomhus- temperatur (°C)	Frammatnings- temperatur (°C)	Teoretiskt COP-värde
Jan	-2,1	29	4,735
Feb	-2,2	29	4,735
Mar	1,2	28	4,783
Apr	2,9	28	4,783
Maj	9,5	25	4,925
Jun	13,8	23	5,020
Jul	16,5	22	5,068
Aug	16,2	22	5,068
Sep	11,9	24	4,973
Oct	5,5	28	4,783
Nov	3,6	28	4,783
Dec	1,3	28	4,783

Med årliga medeltal av COP-värdena beräknades sedan den totala uppvärmningskostnaden under 25 år för fastigheterna och resultaten presenteras grafiskt i figur 27 tillsammans med den kumulativa kostnadsskillnaden.



Figur 27: Uppvärmningskostnader för bergvärme med låg frammatningstemperatur i Skräbböle skola och hög frammatningstemperatur i Korpo stabshus

För en fastighet med en årlig värmeförbrukning på 200 MWh och med ett bergvärmesystem med en livstid på 25 år är den totala besparingen med golvvärme istället för radiatorsystem ca. 25 000 €.

5.3.1 Berg- och jordvärme

Bergvärme upptas från grundvattnet i berggrunden och kräver vertikala borrhål med ett djup på runt 90 - 200 meter och en diameter på 115 - 165 mm beroende på effekten som ska utvinnas och ofta borrar flera hål ifall uppvärmningsbehovet är större. I borrhålen läggs rörsystemet där köldmediet cirkulerar och upptar grundvattnets värme. Värmen överförs sedan från köldmediet till det vattenburna uppvärmningssystemet och därför lämpar sig berg- och jordvärme speciellt bra till fastigheter där det redan finns ett vattenburet uppvärmningssystem, t.ex. i oljeuppvärmda fastigheter. [51]

Majoriteten av alla berg- och jordvärmepumpar i södra Finland använder bergvärme. Följande fastigheter i Pargas stads ägo har 2018 installerad bergvärme: Skräbböle skola, Kirjala nya skola, Villa Kamomilla, Korpo stabshus, Korpo brandstation, Korpo hälsocentral, Iniö

Skola, Iniö hälsobus / områdeskontor, Iniö daghem och Aftonro servicehus.

Korpo brandstations värmepump har ett uppmätt SCOP-värde på 3,2 och ersatte direkt eluppvärmning i byggnaden. Årliga elförbrukningen i fastigheten var i medeltal år 2013 - 2015 110 000 kWh och efter det installerades bergvärme 2016 var elförbrukningen endast 59 500 kWh, d.v.s. en minskning på 46 %. Det gjordes även andra förbättringar i samband med bergvärmens, bl.a. byttes belysningen till LED-lampor och värmeåtervinning av ventilationsluften togs i bruk.

Värmepumpen i Korpo stabshus har ett kumulativt SCOP-värde på 2,9. Värmepumpens effekt är 60 kW med 5 borrhål och det har dessutom tidigare installerats två 500 liters varmvattenberedare med 6 st 7,5 kW elmotstånd för att underlätta oljepannans uppvärmningsbehov. Ifall den inköpta elens pris är $0,10 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$, oljans pris $0,08 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ och verkningsgraden på den gamla oljepannan 90 % så kan den uppnådda besparingen januari - maj 2018 beräknas enligt kalkylerna i tabell 39.

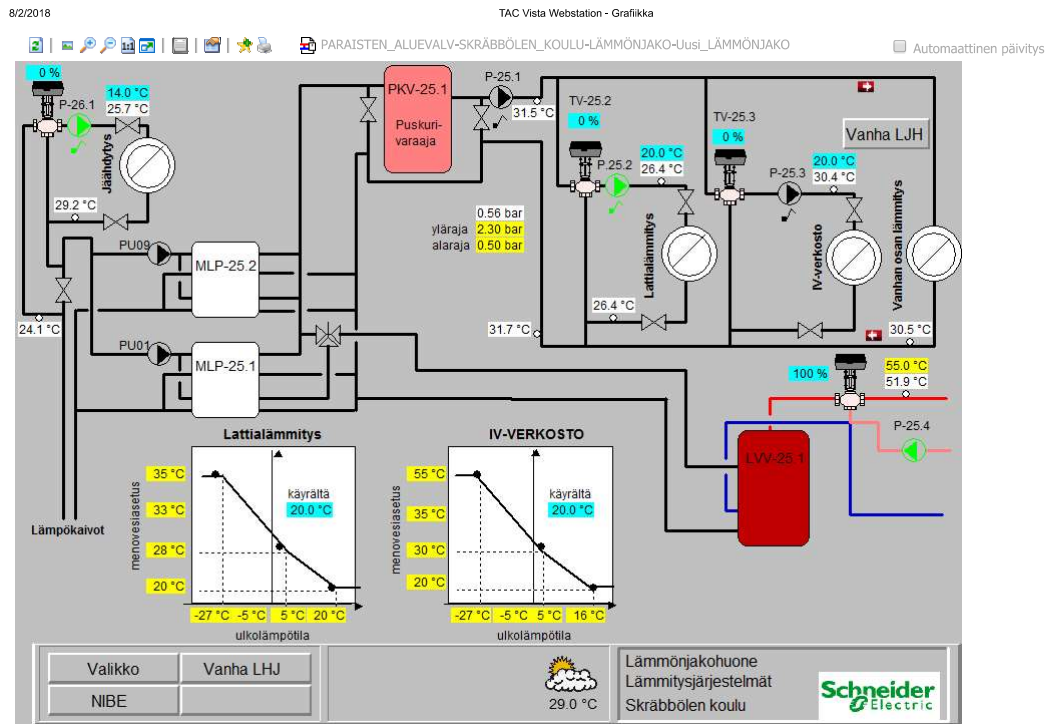
Tabell 39: Energi- och kostnadsbesparing i Korpo stabshus januari - maj 2018 efter bergvärmeinvestering

Värmepumpens elförbrukning	37 900 kWh
Värmepumpens driftkostnad	$37\,900 \text{ kWh} \cdot 0,1 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 3\,790 \text{ €}$
Värmepumpens producerade värme	109 440 kWh
Motsvarande oljekostnad med moms 24 %	$109\,440 \text{ kWh} \cdot 0,08 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 8\,755 \text{ €}$
Besparing	$8\,755 \text{ €} - 3\,790 \text{ €} = 4\,965 \text{ €}$
Minskade koldioxidutsläpp	$109\,440 \text{ kWh} \cdot 267 \frac{\text{gCO}_2}{\text{kWh}} = 29\,220 \text{ kg}$

Under dessa fem månader har kostnaden jämfört med den gamla oljeuppvärmningen mer än halverats.

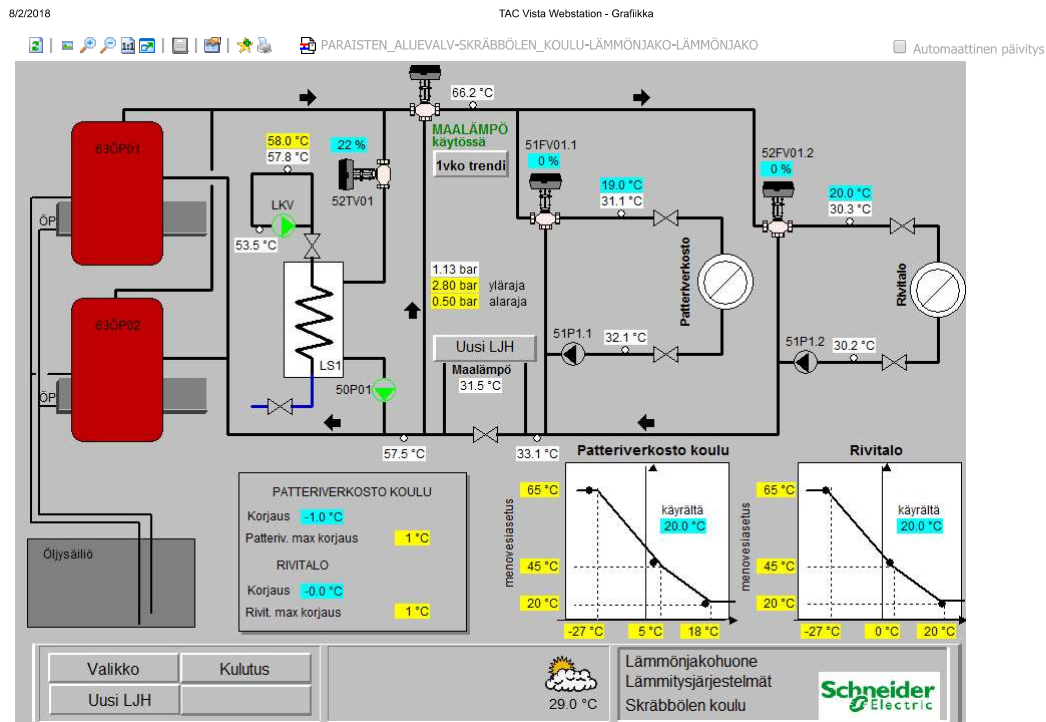
År 2016 byggdes en tillbyggnad på 805 m² till Skräbböle skola och i tillbyggnaden installerades det bergvärme med inkluderat golvvärmesystem. Även en fasadrenovering gjordes på den gamla byggnaden men oljeuppvärmningen lämnades kvar och det nya bergvärmesystemet kopplades ihop med den befintliga oljeuppvärmningen. I samband med nybygget och renoveringen av den gamla byggnaden kunde det varit ett alternativ att på samma gång byta

ut den gamla oljepannan och dimensionera bergvärmen för båda byggnaderna. I Enegias värmestudering beräknades en återbetalningstid på 8,5 år för ett 40 kW bergvärmesystem till den gamla byggnaden och med ett oljepris på $0,823 \frac{\text{€}}{\text{l}}$ med 0 % mervärdesskatt. I dagens läge när oljepriset är lägre skulle återbetalningstiden sträcka sig till över 10 år. Figur 28 illustrerar en schematisk bild över värmesystemet i både nya och gamla delen av Skräbböle skola.



<https://webstation5.evalvomo.fi/webstation/?PortalLogin=yF4zNnrScE3qDcDvnEwIVB6hhkWPnBBnUjnzpF%2fz288BRXD6%2fwsNWNTQyr2g>

1/1

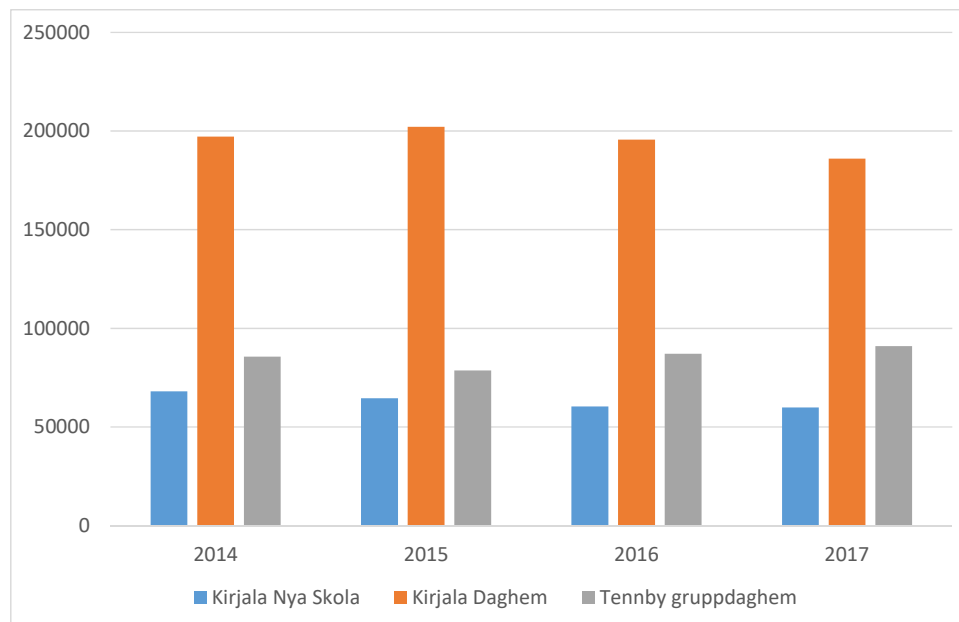


<https://webstation5.evalvomo.fi/webstation/?PortalLogin=yF4zNnrScE3qDcDvnEwIVB6hhkWPnBBnUjnzpF%2fz288BRXD6%2fwsNWNTQyr2g>

1/1

Figur 28: Schematisk bild över Skräbböle skolas värmesystem. Övre bilden är det nya värmesystemet med bergvärme och nedre bilden är det gamla värmesystemet med oljeuppvärmning.

Elförbrukningen 2017 i Kirjala nya skola, Kirjala daghem och Tennby gruppdaghem presenteras i figur 29. I figuren jämförs elförbrukningen i en fastighet med bergvärme, direkt eluppvärmning samt en med direkt eluppvärmning och luft-luftvärmepump som hjälpuppvärmning.



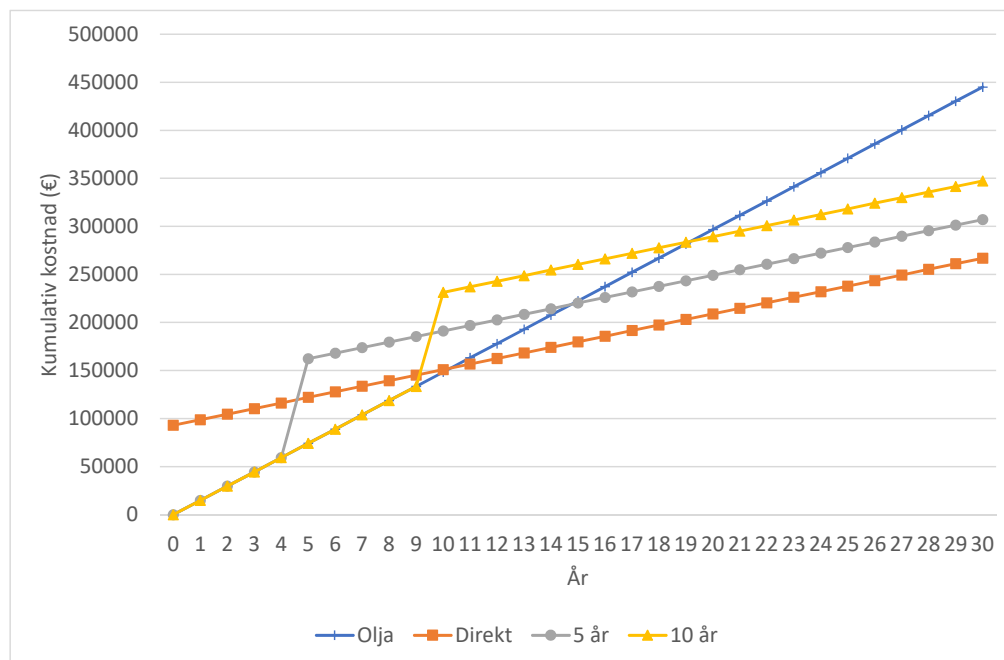
Figur 29: Jämförelse av elförbrukning mellan bergvärme, direkt elvärme och direkt elvärme med luftvärmepump

Kirjala nya skola som använder bergvärme och är 654 m² har den klart lägsta elförbrukningen och trots att det tas i beaktande att det är ett nybygge så presterar byggnaden energimässigt mycket bättre än de andra fastigheterna. Kirjala daghem som är 857 m² är uppvärmt med direkt el och har ca. 3 gånger så stor elförbrukning som Kirjala nya skola. Tennby gruppdaghem är 486 m² och har en luft-luftvärmepump som hjälp till den direkta eluppvärmningen.

Det är i många fall väsentligt att planera vid vilken tidpunkt det är mest lönsamt att förverkliga en investering. För att underlätta detta presenteras i figur 30 den kumulativa kostnaden vid olika tidsalternativ för ett byte från oljeuppvärmning till ett liknande bergvärmesystem som finns i Stabshuset. De olika tidsalternativen är ett direkt byte av uppvärmningssystem, byte efter 5 år och byte efter 10 år. I kalkylen har använts data från tabell 40 som uppskattats utifrån Stabshusets insamlade energidata. Kostnaden för bergvärmeinvesteringar har antagits minska med 5 000 € per 5 år tack vara ökad efterfrågan.

Tabell 40: Data för figur 30

Parameter	Värde
Oljepris	0,80 $\frac{\text{€}}{\text{l}}$
Värmemängd olja	10 $\frac{\text{kWh}}{\text{l}}$
Verkningsgrad oljepanna	90 %
Elpris	0,10 $\frac{\text{€}}{\text{kWh}}$
Förbrukad mängd värme	185 400 $\frac{\text{kWh}}{\text{år}}$
Bergvärmeinvestering direkt	93 000 €
Bergvärmeinvestering efter 5 år	88 000 €
Bergvärmeinvestering efter 10 år	83 000 €
SCOP-värde	3,2



Figur 30: Olika tidsalternativ och kumulativa kostnader för byte av uppvärmningsmetod

Ifall investeringen görs direkt istället för efter 10 år är den besparade summan lika stor som

initialinvesteringen i bergvärme.

Jordvärme kan antingen upptas som markvärme från jordmånen på minst 1,5 meters djup eller som vattenvärme från sjöar och hav på 3 - 5 meters djup. I dessa system läggs rörsystemet horisontellt och investeringskostnaden är därmed lägre än för bergvärme där hålet måste borrar djupt. Jordvärme kräver dock en större area för rörnätverket och för större system kan det krävas större markområden. Markvärmepumpar står för ca. 30 % av totala berg- och jordvärmeanvändningen medan vattenvärme används väldigt lite. [52]

Vattenvärme är den enklaste varianten av jordvärme. I rörsystemet cirkulerar ett flytande medium till en värmepump som utvinnet det soluppvärmda vattnets värmeenergi med likadan kompressorteknik som presenterades i figur 25. Trots vattenvärmens lägre investeringskostnader används metoden inte i samma utsträckning som berg- eller markvärme på grund av vissa begränsningar. För att ta i bruk vattenvärme krävs det miljölov från Regionförvaltningsverken. Dessutom bör uppvärmningsmålet vara beläget maximalt 50 - 80 meter från vattenmassan och för att undvika rörsystemets förfrysning måste det grävas ner tillräckligt djupt på landsidan och sänkas ner med vikter till ett djup på ca. 3 meter i vattnet. Detta förutsätter att sjön eller havet ligger nära uppvärmningsmålet men det får inte heller vara för långgrunt vid stranden. Ojämn terräng, hinder och mycket elevation kan också försvåra nedgrävningen av vattenrören. Vattentemperaturen sjunker på vintern och stiger på sommaren när solen värmer så därför fungerar vattenvärme under sommarmånaderna inte lika optimalt för kylning som bergvärme där det är relativt konstant temperatur nere vid berggrunden. För Pargas som är en skärgårdskommun kunde vattenvärme ses som ett både enkelt, förmånligt och miljövänligt alternativ men till följd av kriterierna på fastighetens läge faller största delen av Pargas stads fastigheter bort. Fastigheter som är lämpliga är speciellt gästhamnar men för att undvika skador bör det beaktas att rörsystemet inte kan vara nära ställen där det är livlig båttrafik eller där båtar kastar ankare. [68]

På Arlanda flygplats i Sverige finns ett intressant system som utnyttjar geoenergi. Där används akviferen för att både kyla och värma områden och byggnader på flygplatsen. Under sommaren pumpas kallt grundvatten från akviferen som används till kylning och efter cirkulation genom värmveväxlare förs det uppvärmda vattnet tillbaka via andra rör till akviferen för lagring till vintern. På vintern pumpas sedan det lagrade uppvärmda vattnet från akviferen och används till uppvärmning samtidigt som det efteråt förs ner till den kalla sidan av akviferen och processen upprepas. På detta sätt kan både uppvärmning och kylning skötas enkelt och miljövänligt och flygplatsen minskar behovet av inköpt elenergi med ca. 4 000 $\frac{\text{MWh}}{\text{år}}$ och behovet av fjärrvärme med ca. 15 000 $\frac{\text{MWh}}{\text{år}}$. Totalt finns det 5 kalla och 6 varma

brunnar placerade på 15 - 30 meters djup i akviferen under flygplatsen och med ett maximalt flöde på $720 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ har systemet en total värme- och kyleffekt på ca. 10 MW. [79, 1]

5.3.2 Luftvärme

Värmepumpar kan också använda luftens värmeenergi för uppvärmning men de har vissa begränsningar. Riktigt kalla dagar när uteluften sjunker ner till $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ minskar luftvärmepumparnas effekt avsevärt till en nivå som nästan kan jämföras med direkt eluppvärmning. Tre olika tekniker för upptagning av luftvärme används kommersiellt: luft-luftvärmepumpar, luft-vattenvärmepumpar och frånluftsvärmepumpar.

Luft-luftvärmepumpar består av en utomhus- och en eller flera inomhusmoduler. I utomhusmodulen cirkulerar utomhusluften som frångår värme till köldmediet som förångas och förflyttas via kompressorn till inomhusmodulen som värmer upp inomhusluften och distribuerar den med hjälp av en fläkt. Luft-luftvärmepumpar används främst vid små uppvärmningsmål med en öppen planlösning så luften har möjlighet att distribueras jämnt över hela ytan. Typisk distributionsarea för en luft-luftvärmepump är $30 - 100 \text{ m}^2$ men de kan också användas som hjälpuppvärmning ifall det finns en annan uppvärmningsmetod tillgänglig i fastigheten. Det finns vissa fördelar med luft-luftvärmepumpar, t.ex. kan de enkelt användas till kylning av utrymmen och så filtrerar inomhusluften från orenheter i samband med uppvärmning och kylning. De är enkla och snabba att installera både i gamla och nya byggnader och modulerna är även lätta att byta ut ifall problem uppstår. Det bör dock poängteras att en luft-luftvärmepump kräver underhåll för att fungera optimalt och vid kalla perioder kan det uppstå tekniska och funktionella problem. Av fastigheterna i Pargas stads ägo har Tennby gruppdaghem och lagerbyggnaden i Nagu luft-luftvärmepumpar. Ytterligare fastigheter kunde säkert utnyttja luft-luftvärmepumpar, speciellt de mindre direkt eluppvärmda fastigheter som inte har vattenburna uppvärmningssystem. Även till oljeuppvärmda fastigheter kunde luft-luftvärmepumpar införskaffas som hjälpuppvärmning ifall oljepannan och -brännaren är nyare och inte direkt behöver bytas ut. Vid en anskaffning av luft-luftvärmepumpar måste tillräckligt underhåll av enheten säkerställas så att de fungerar optimalt. [48]

Luft-vattenvärmepumpar fungerar med samma princip som luft-luftvärmepumpar men istället för att överföra värmen direkt till luften så överför de värmen till ett radiator- eller golvvärmesystem eller direkt till en varmvattenbehållare. På detta sätt kan värmen mera effektivt transporteras till olika delar av en fastighet och detta möjliggör även temperaturskillnader i olika rum med hjälp av termostater. Värmepumparna kan antingen vara av Split-modell där

det finns en utomhus- och en inomhusmodul eller så kan de vara Monoblock-modeller som har en kombinerad utomhusmodul där enbart vattnet rör sig genom väggen. Ifall fastigheten har en större varmvattenberedare som är i gott skick lönar det sig att investera i en Monoblock-modell eftersom de är billigare än motsvarande Split-modeller. Luft-vattenvärmepumpar lämpar sig bra till sådana fastigheter med vattenburna uppvärmningssystem där det inte är möjligt att installera jord- eller bergvärme p.g.a. utrymmesbrist för borrhål eller ifall det finns ett behov av att flytta fastigheten. Golvvärme kan bra användas tillsammans med en luft-vattenvärmepump tack vare den låga frammatningstemperaturen. Vid vattentemperaturer över 50 °C, t.ex. vid varmvattenproduktion, försämras luft-vattenvärmepumpens verkningsgrad märkbart. Istället kan värmepumpen förvärma vattnet och sedan kan en elpatron/elpanna kopplad till varmvattenberedaren användas för att värma varmvattnet de sista graderna. På detta sätt hålls värmepumpens verkningsgrad på en skälig nivå och i de fall när det är väldigt kallt utomhus och luft-vattenvärmepumpen kopplas av kan elpannan helt sköta uppvärmningen. Houtskärs områdeskontor har en installerad luft-vattenvärmepump som tagits i bruk 2016. [53, 49]

Motiva har tillsammans med Finsk energiindustri 2008 - 2015 utfört ett effektiviseringsprogram för eluppvärmning. Där granskades uppnådda besparingar vid investering i luft-vattenvärmepumpar. 23 små fastigheter deltog varav 14 var oljeuppvärmda och 9 var direkt eluppvärmda. Innan luft-vattenvärmepumpens anskaffning var fastigheternas totala energiförbrukning i medeltal 26 000 kWh och efter anskaffningen hade förbrukningen i medeltal minskat med 9 200 kWh eller 37 %. Besparingen kan ses som väldigt bra med tanke på att totala energiförbrukningen också innehåller övrig förbrukning som belysning och bruksel. Dessutom har tekniken i värmepumparna förbättrats under åren som gått sedan utredningen vilket bidrar till att förbättra lönsamheten [53]. Överlag är energibesparingspotentialen jämfört med direkt eluppvärmning ca. 70 - 80 % med bergvärmepumpar och ca. 50 - 60 % med luft-vattenvärmepumpar så på lång sikt är bergvärme ett mera ekonomiskt alternativ, speciellt i större fastigheter med stor energiförbrukning.

Frånluftsvärmepumpar överför värmeenergi ur ventilationens uppvärmda frånluft i ventilationskanalen antingen till den inkommande luften, bruksvattnet eller till det vattenburna uppvärmningssystemet. Värmepumpen ersätter således ventilationsmaskinen och ventilationens värmeåtervinningssystem. Som hjälpuppvärmning kan en elpatron kopplad till en varmvattenberedare användas. Frånluftsvärmepumpar är inte lönsamma alternativ ifall det redan finns maskinell ventilation med värmeåtervinning i fastigheten. Däremot har frånluftsvärmepumpar installerats i höghus där det endast funnits maskinell ventilation med god framgång.

Eftersom frånluftsvärmepumparna först på senare år börjat användas i större skala finns det inte ännu utförligt gjorda lönsamhetskalkyler eller utredningar. [55]

Frånluftsvärmepumpen är den minst använda tekniken av värmepumpar och 2017 såldes endast 2 722 enheter vilket är ca. 4,4 % av totala mängden sålda värmepumpar det året. 47 281 luft-luftvärmepumpar, 7 968 jord- och bergvärmepumpar och 4 138 luft-vattenvärmepumpar såldes 2017 i Finland [76]. Av de större fastigheterna i Pargas stads ägo är det endast äldre delen av Fridhem och Pargas brandstation som inte utnyttjar värmeåtervinning i den maskinella ventilationen. Båda fastigheterna uppvärms med fjärrvärme och i Fridhem används även en oljepanna som hjälpuppvärmning.

5.3.3 Kylning med hjälp av värmepumpar

Luftvärmepumpar är de vanligaste och effektivaste värmepumparna som också används till kylning av utrymmen. Den varma frånluften förs då ofta ut till utomhusluften och på samma gång minskar luftfuktigheten inomhus så luftkvaliteten känns behagligare och svalare. En berg- eller jordvärmepump kan även användas till kylning genom att berggrundens eller jordmånens kallare temperatur används. Värmeenergin från fastigheten förs ner tillbaka i borrhålen eller till en vattenmassa som lagrar värmen och förbättrar värmepumpens verkningsgrad och effekt under uppvärmningssäsongen. Ifall berg- eller jordvärme används till kylning behövs ett distributionssystem för kylan. Distributionen kan skötas med olika sorters fläktar, kylningsbalkar, golvrör, takradiatorer eller via den maskinella ventilationens rörkanaler. [56]

Speciellt under varma perioder är det bekvämt att utnyttja redan existerande uppvärmningsteknik till kylning. Det bör dock beaktas att det är förmånligast att samtidigt som värmepumpen installeras också installera behövlig utrustning för kylning så redan i planeringsskedet av investeringen bör det bestämmas ifall värmepumpen även ska kyla fastigheten. I sådana fastigheter där det är lite eller ingen verksamhet under sommarmånaderna, t.ex. i skolor, behövs det ingen extra kylning men i kontorsbyggnader och hälsocentraler där det är mycket aktivitet året runt förbättrar det trivseln. Investeringskostnaden för ett kylsystem i samband med bergvärme beror på byggnadens storlek och distributionssystemet som används. Ett fläktkonvektorsystem rör sig i samma prisklass som en luft-luftvärmepumpsinvestering men efter initialinvesteringen är driftkostnaderna små eftersom endast cirkulationspumpen och fläkten förbrukar el. För fläktkonvektorer i storleksklass under 5 kW kylningseffekt kan kostnaden från olika försäljare approximeras till ca. 300 - 450 $\frac{\text{€}}{\text{kW}}$ kylningseffekt, exklusive

installationsarbete. En kW kylningseffekt kan antas räcka till för kylning av ett 15 - 40 m² byggnadsutrymme beroende på hur öppet utrymmet är [81].

Kylningseffekten som kan uppnås med olika volymströmmar kall luft vid olika temperaturer beräknas enligt ekvationen

$$P_{kyl} = \bar{V} \cdot c_{p,luft} \cdot \rho_{luft} \cdot \Delta T$$

där \bar{V} är luftens volymström angiven i $\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$, P_{kyl} är kylningseffekten angiven i kW, $c_{p,luft}$ är luftens specifika värmekapacitet angiven i $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$, ρ_{luft} är luftens densitet angiven i $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ och ΔT är temperaturskillnaden mellan kylningsluften och inomhusluften angiven i Kelvin [7]. Ifall volymströmmen är $0,1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ och inkommande temperaturen på luften är 17 °C medan inomhusluften är 25 °C fås en kylningseffekt på

$$P_{kyl} = 0,1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (25 - 17) \text{ K} = 0,96 \text{ kW}$$

d.v.s. ungefär 1 kW kylningseffekt.

5.3.4 Legionellabakterier

Legionella är ett samlingsnamn för infektioner orsakade av legionellabakterier. Symptomen av legionella kan variera från lätt feber till i värsta fall dödlig lunginflammation. Legionellabakterier och kunskap om hur dessa undviks är speciellt relevanta vid uppvärmning av varmvatten. I tabell 41 har olika temperaturintervall för legionellabakteriens aktivitet sammanfattats [8].

Tabell 41: Legionellabakteriens aktivitet vid olika temperaturintervall

Temperatur (°C)	Beskrivning
32 - 42	Optimal temperatur för förökning
48,4 - 50	Bakterierna förökar sig inte
50 +	80 - 124 minuter innan bakterierna dött
60 +	2 minuter innan bakterierna dött
70	Bakterierna dör nästan direkt

Speciellt med värmepumpar som har en försämrad verkningsgrad vid högre temperaturer måste legionellabakterien beaktas vid varmvattenuppvärmning. För att undvika legionellabakteriens förökning bör varmvattenberedaren hållas konstant över 50 °C och det är även

fördelaktigt att under vissa jämna tidsintervall höja vattentemperaturen till över 60 °C. Eftersom värmepumpar har en sämre effekt vid uppvärmning till dessa temperaturer kan uppvärmningen den sista biten fördelaktigt skötas med elmotstånd för att minska värmepumpens belastning.

5.3.5 Rekommendation

Värmepumpar är ett av Pargas stads bästa alternativ för att minska på behovet av inköpt energi och således uppnå målen i Kommunsektorns energieffektivitetsavtal. Speciellt bergvärme bör Pargas stad investera mera i eftersom det har visat sig vara en bra uppvärmningsmetod för fastigheter i mellanstorlek. I de fastigheter där det inte är möjligt att borra de nödvändiga borrhålen för bergvärme är luft-vattenvärmepumpar att föredra. Användningen av värmepumpar sänker betydligt på mängden inköpt energi vilket bidrar väsentligt till Pargas stads mål på en 7,5 % eller 1 400 MWh minskning av årliga energiförbrukningen fram till 2025. Endast bergvärmepumpen i Korpo stabshus har under 8 månader medfört en minskning på ca. 80 MWh vilket motsvarar 0,4 % av den totala årliga energiförbrukningen. Ifall bytet av uppvärmningsmetod sker i samband med en övrig renovering av fastigheten rekommenderas starkt att golvvärmealternativet tas med i planeringen och konkurrensutsättningen. Den initiala investeringskostnaden är högre för ett sådant system men värmepumpens effekt förbättras även under hela livslängden. Om fastigheten haft eller planeras ha någon form av kylning kan den nödvändiga tekniken anskaffas och installeras i samband med bergvärmepumpen för att minska på kostnader i efterhand.

För stadens direkt eluppvärmda fastigheter utan vattenburet uppvärmningssystem rekommenderas luft-luftvärmepumpar. Detta förutsätter att planlösningen är tillräckligt öppen för värmen att spridas ordentligt samt att regelbundet underhåll och uppehåll av värmepumparna utförs.

Flera av stadens bergvärmepumpar är av märket NIBE som har en uppföljningstjänst NIBE Uplink. Denna tjänst har en gratisversion som ger åtgång till en överblick av värmepumpens inställningar och prestanda men denna tjänst har Pargas stad inte tagit i bruk. Dessutom finns det en tjänst, Smart Price Adaption, inkluderad som tar nästa dags förutspådda elpriser från Nord Pool Spot och optimerar uppvärmningen enligt dessa timvisa elpriser. Detta förutsätter dock att det finns ett börsprissatt elavtal till fastigheten. När det investeras i nya värmepumpar borde det finnas någon med tillräcklig kunskap om denna teknik som kan ställa in värmepumparna optimalt för den specifika fastigheten samt se till att värmepumpen

och övriga tjänster som finns tillhands används på bästa möjliga sätt.

5.4 Vindenergi

Vindenergi utvinns genom att vindens rörelseenergi får vindmöllans vingar och rotor att rotera. Vid vindmöllans axel finns en generator som omvandlar rotationsenergin till elektricitet. Denna teknik gör vindenergiproduktionen väldigt väderberoende, t.ex. brukar det blåsa mest under kalla vinterdagar men mindre under sommarmånader. Mängden elenergi som produceras av vindkraftverket bestäms främst av vingarnas längd, vindmöllans höjd och vindhastigheten. Moderna vindkraftverk producerar el från vindhastigheter på ca. $3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ till $25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Vid högre hastigheter stängs vindkraftverken automatiskt för att förhindra eventuella skador.

År 2017 var Finlands vindenergikapacitet 2 044 MW utspritt på ca. 700 vindkraftverk. Denna kapacitet räcker till att förse 5,4 % av förbrukningen och 7,4 % av produktionen av el i landet. Tidigare har Finland haft i bruk ett så kallat inmatningstariffsystem där vindkraftverk kopplade till det finländska elnätverket får ett garantipris för den sålda elen på $83,50 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$. Ifall marknadspriset inte överstiger denna summa betalas differensen till vindenergiproducenten. Detta har gjort vindkraft lönsamt i landet men 2015 bestämde Finlands regering att efter 1.11.2017 inte tillåta att fler vindkraftverk ansluter sig till tariffsystemet. På grund av detta kommer troligen andelen nybyggda vindkraftverk sjunka markant i statistiken för 2018 och 2019. [54]

Den maximala effekten som kan fås ut ur ett vindkraftverk kan beräknas med ekvationen

$$P_{\max} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot w_{\text{in}}^3$$

där P är maximala effekten angiven i W, ρ är luftens densitet angiven i $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, A är vingarnas totala rotationsarea angiven i m^2 och w_{in} är den inkommande luftens hastighet angiven i $\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Vingarnas rotationsarea kan beräknas enligt

$$A = r^2 \cdot \pi$$

där r är vingarnas längd angiven i m. Som ett exempel kan tas en vindmølla med $r = 20 \text{ m}$ och $w_{\text{in}} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ vid 50 meters höjd. Luftens densitet, ρ , kan antas vara $1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Då blir

maximala effekten

$$P_{max} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (20 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \left(5 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^3 = 98\,174,75 \text{ W} \approx 98,2 \text{ kW}.$$

Ifall vindmöllan istället skulle byggas 100 meter hög skulle vindhastigheten öka enligt ekvationen

$$w_1 = w_0 \cdot \left(\frac{z_1}{z_0}\right)^a$$

där w_1 är den nya vindhastigheten och w_0 är vindhastigheten vid den ursprungliga höjden. Likadant är z_1 den nya höjden och z_0 den ursprungliga medan a är en konstant som ofta antas vara $1/7$.

$$w_1 = 5 \text{ m} \cdot \left(\frac{100 \text{ m}}{50 \text{ m}}\right)^{\frac{1}{7}} = 5,52 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Höjdskillnaden ger upphov till en 10 % ökning av vindhastigheten som i maximal produktionseffekt medför en ökning till

$$P_{max} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (20 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \left(5,52 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^3 = 132\,101,3 \text{ W} \approx 132,1 \text{ kW},$$

d.v.s. en ökning på 35 %. [73]

Detta bevisar att ökande vindhastigheter snabbt höjer effekten som kan fås ut ur vindkraftverket och därför bör de placeras på sådana ställen där det är öppet och blåser mycket. Vanliga platser att placera vindmøllor på är ute på havet, vid kusten eller på öppna markområden.

Nyligen gjorda utredningar av produktionskostnaden för vindenergi har visat att vindenergi t.o.m. kan vara billigare än kärnkraft. I en utredning gjord av Wärtsilä beräknades kostnaden för produktion av vindenergi till $46 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$ medan kostnaden för kärnkraft beräknades till $66 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$ [70]. Det är ändå viktigt att hållas kritisk till dylika utredningar och se igenom beräkningarna noga. I kalkylen har det beräknats med 4 100 MW vindkraft och 1 200 MW justerbar energi producerad med gasmotorer för att ersätta ett kärnkraftverk på 1 200 MW. Den justerbara energiproduktionen är nödvändig de dagar när det inte blåser tillräckligt mycket för att täcka energibehovet. I utredningen har det antagits att all överlopps producerad vindenergi kan användas vilket i praktiken inte alltid är möjligt, speciellt inte utan extra kostnader. Men för vindkraftsproducenter har det varit lönsamt att producera så mycket el som möjligt på grund av tariffsystemet, något som inte längre gäller för nya vindkraftverk. Dessutom har underhållskostnaderna för vindkraftverken antagits vara väldigt låga i

beräkningarna medan verkningsgraden antagits vara hög tack vare vindkraftverkens stora dimensionering. Små ändringar av dessa parametrar kan lätt förändra kalkylens resultat, speciellt ifall det skulle byggas mer småskaliga vindkraftverk.

Ur en kommuns synvinkel är det inte lockande att börja med vindenergiproduktion eftersom lovprocessen i samband med anskaffning kan vara lång och tidskrävande. Dessutom ses ofta vindmöllorna som fula och bullerframkallande av kommunens invånare.

Rekommendation

Med en låg investeringsbudget i stadens ekonomiplan och en redan stor arbetsbörda fördelad bland stadens personal är det inte rekommenderbart att påbörja något vindkraftsprojekt i Pargas, speciellt inte när anslutning till tariffsystemet inte längre är möjligt. För ändamålet att producera elektricitet av icke-kontinuerlig förnybar energi kan solenergi ses som ett bättre alternativ för Pargas stad. Det kan ändå vara bra att följa med Arbets- och näringsministeriets arbete i samband med förverkligandet av energi- och klimatstrategin eftersom en ny stödfunktion för byggandet av nya vindkraftverk håller på att utvecklas.

5.5 Bioenergi

Följande kapitel är sammanfattat ur bioenergiutredningen utförd av Anders Bäckman [13]. Bioenergi utvinns ur fermenterad eller mekaniskt, termiskt eller kemiskt förbehandlad biomassa. Biomassa består ofta av rester från skogsbruk, jordbruk, livsmedelsindustrin eller boskapsindustrin men även andra källor kan användas, t.ex. vass som det finns mycket av i skärgården. Mängden biomassa som existerar på Pargas stads områden är stor, speciellt trä och vass finns det gott om men den största kostnaden uppstår i samband med transport, skörd och lagring av biomassan.

Tabell 42: Vasspotential på Pargas stads områden [13]

Kommundel	Skörd (ton)	Energi vid förbränning (MWh)
Iniö	1 965	8 253
Houtskär	3 725	15 645
Korpo	3 120	13 104
Nagu	7 185	30 177
Pargas	8 055	33 831
Totalt	24 050	101 010

Ur tabell 42 kan ses att den energipotential som finns i kommunens vassmassa skulle kunna täcka energibehovet i alla de fastigheter som är i Pargas stads ägo. Dock uppgår skörde- och transportpriser till långt över $100 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$ på grund av vassens låga densitet och läge. Ifall inte vassen är färdigt skördad är inte kraftvärmeproduktion med vass lönsamt. Detta är ett stort problem med olika biomassor när de inte i småskalig produktion är lönsamma att samla in och bearbeta.

Utvinning av bioenergi ur biomassa sker med förbränning och kan användas till elproduktion, värmeproduktion eller som drivmedel. Oftast används kombinerad el- och värmeproduktion eftersom värmen alltid förekommer vid förbränningen.

Den vanligaste metoden för värmeproduktion är förbränning av mekaniskt förbehandlade biobränslen i panna. Mekaniskt förbehandlade biobränslen lämpar sig bra till denna metod då den ställer de lägsta kraven på bränslet medan kemiskt och termiskt förbehandlade biobränslen används till mer invecklade processer där både el och värme produceras.

Värme- och elproduktion med biobränslen kan också ske med andra metoder som ORC (Organic Ranking Cycle), varmluftsturbin, mikroturbin, stirlingmotor, ångmotor, bränslecell och ångmotor.

I Bäckmans lönsamhetskalkyler studerades sex olika typfall innehållande olika fastighetsgrupper inom Pargas. Typfallen var Nagu centrum, Korpo kyrkby, Stenbrink-Kviståker, Träsk skola, Klemetsgård och Houtskärs folkhögskola och dessa kan även användas som riktlinjer för liknande målgrupper där det inte gjorts övriga utredningar. Lönsamhet i dessa kalkyler syftar på att investeringen har en återbetalningstid kortare än investeringens livslängd men det bör beaktas att ifall tidsperioderna ligger nära varandra innebär investeringen ingen ekonomisk vinst för staden. I utredningen visade sig trä vara den absolut lättaste och mest lönsamma råvaran till biomassa tack vare dess förekomst i kommunen och även småskalig

när- och fjärrvärmeproduktion med flis visade sig vara lönsam i Pargas stad. Endast vid småskaliga anläggningar ämnade för endast värmeproduktion visade sig halm vara mer lönsamt men tillgängligheten av halm kan anses vara sämre. Energiproduktion med biogas är endast lönsamt i större anläggningar.

Den bioenergiproduktionen som för tillfället existerar i Pargas är förbränning av flis i Pargas fjärrvärmeverk och i Houtskärs flisvärmeverk. Dessutom använder Qvidja Gård, belägen i Pargas, olika typer av bioenergi och där finns även egen bioenergiproduktion. Qvidja Kraft behandlas mer i kapitel 5.5.1.

I tabell 43 finns sammanfattat lönsamhetskalkyler för olika potentiella bioenergitekniker i Nagu kyrkby.

Tabell 43: Lönsamhetskalkyl för bioenergi i Nagu kyrkby [13]

	Biogas	Flispanna	ORC,trä
Nominell effekt (MW)	3,387	1,637	1,85
Värmeeffekt (MW)	1,473	1,473	1,48
Elektrisk effekt (MW)	1,055	0	0,33
Investering (€)	2 972 212	491 100 - 982 200	1 836 298
Nätverkskostnad (€)	544 000	544 000	576 640
Rörelseresultat (€)	214 323	125 727,31	202 111
Återbetalningstid (år)	16,41	7,84 - 11,36	11,94

	Mikroturbin	Gasmotor
Nominell effekt (MW)	2,450 - 2,940	2,940 - 3,280
Värmeeffekt (MW)	1,47	1,470 - 1,476
Elektrisk effekt (MW)	0,441 - 0,858	1,148 - 1,176
Investering (€)	749 700 - 857 500	517 440 - 3 662 120
Nätverkskostnad (€)	54 400	54 400
Rörelseresultat (€)	212 948 - 323 156	344 671 - 264 629
Återbetalningstid (år)	4,34 - 6,08	3,08 - 15,89

För mer detaljerade kalkyler och en mer ingående förklaring och utredning av bioenergi i Pargas stad hänvisas läsaren till Anders Bäckmans arbete ”Bioenergiutredning - Teknik och lönsamhet samt tillgång till biomassa för biobaserad värme- och kraftvärmeproduktion i Pargas stads skärgårdsdelar”.

5.5.1 Qvidja Kraft Oy

Qvidja Kraft är ett företag specialiserat på förnybar energi som har en biogasanläggning belägen i Pargas. Vid Qvidja Kraft har det utvecklats en biologisk metod för biometanproduktion som påstås kunna öka biogasproduktionen i existerande fabriker med upp till 60 %. Metoden består av två skilda processer. I den första processen förgasas ved som flis, grenar etc. och det bildas gengas som består av kolmonoxid, koldioxid, väte och metan. I en mikrobreaktor omvandlas sedan kolmonoxid och vatten till väte och koldioxid och i den följande mikrobreaktorn omvandlas väte och koldioxid till biometan.

Biometanen som produceras kan användas som trafikbränsle eller till förnybar energiproduktion vilket minskar på mängden fossila bränslen som används. Ett stort problem med förnybar energi är lagringen när det produceras mer än det förbrukas och till detta problem kunde biometan vara en lösning eftersom det fungerar bra som lagringskälla till förnybar energi tack vare god lagringstid och -kapacitet. [67]

5.5.2 Rekommendation

Pargas stad rekommenderas inte påbörja något större bioenergiprojekt i nuläget utan mer fokus och resurser kan istället läggas på utvecklingen av värmepumpar och solenergi. Qvidja Kraft är ändå ett intressant projekt som Pargas stad bra kan följa med ifall det i framtiden visar sig att biogasmetsoden kan börja användas kommersiellt och i större skala med goda resultat. I Pargas stads fordonspark kunde biogasen användas som bränsle till en biogasbil när påfyllnad blir möjligt vid Qvidja.

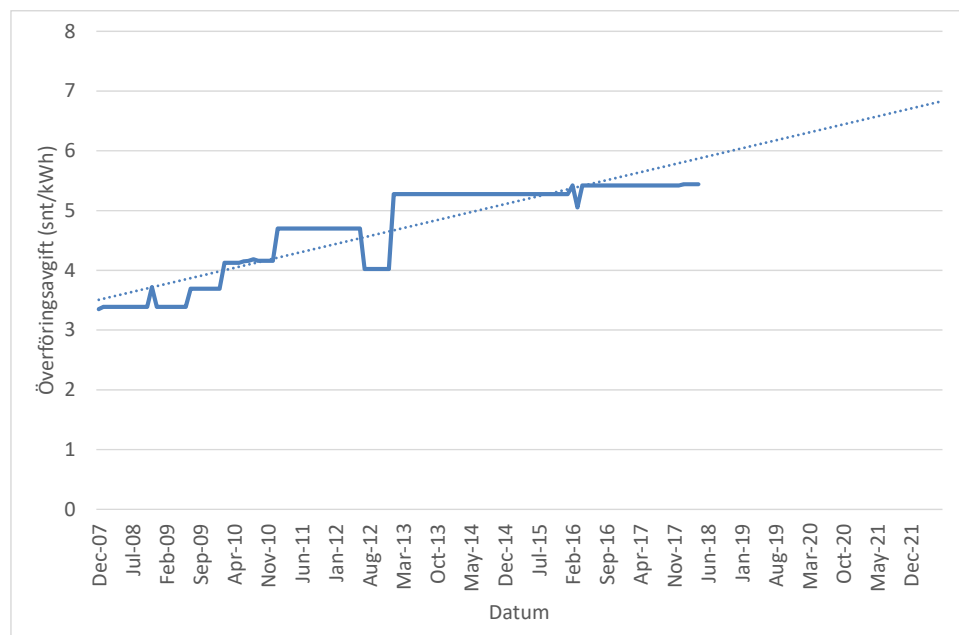
6 El

Pargas stad köper el av Oulun Sähkönynti Oy och elöverföringen köps av Caruna Ab. Kontraktet som staden för tillfället har med Oulun sähkönynti är tvåårigt och gäller 2017 och 2018. Elen är till 100 % producerad med vattenkraft från Merikoski som anses vara en förnybar koldioxidneutral energikälla eftersom själva produktionen av el med vattenkraft inte skapar några koldioxidutsläpp. I verkligheten skapas det ändå en del koldioxidutsläpp i samband med byggandet av vattenkraftanläggningen. Det har uppskattats att koldioxidutsläppen rör sig runt $2 - 9 \frac{\text{gCO}_2\text{eq}}{\text{kWh}_e}$ och dessa koldioxidutsläpp uppkommer vid byggandet av vattenkraftverket eller vid elanvändningen som går åt till att köra kraftverket [86]. Det kan

dock uppstå större mängder koldioxidutsläpp ifall det i samband med byggandet av t.ex. en vattenreservoar sker landavverkning eller översvämning av biomassa vilket leder till att biomassan bryts ner och producerar koldioxid och metan. I dessa fall kan de totala koldioxidutsläppen för elproduktionen uppgå till $30 \frac{\text{gCO}_2\text{eq}}{\text{kWh}_e}$ i Finland.

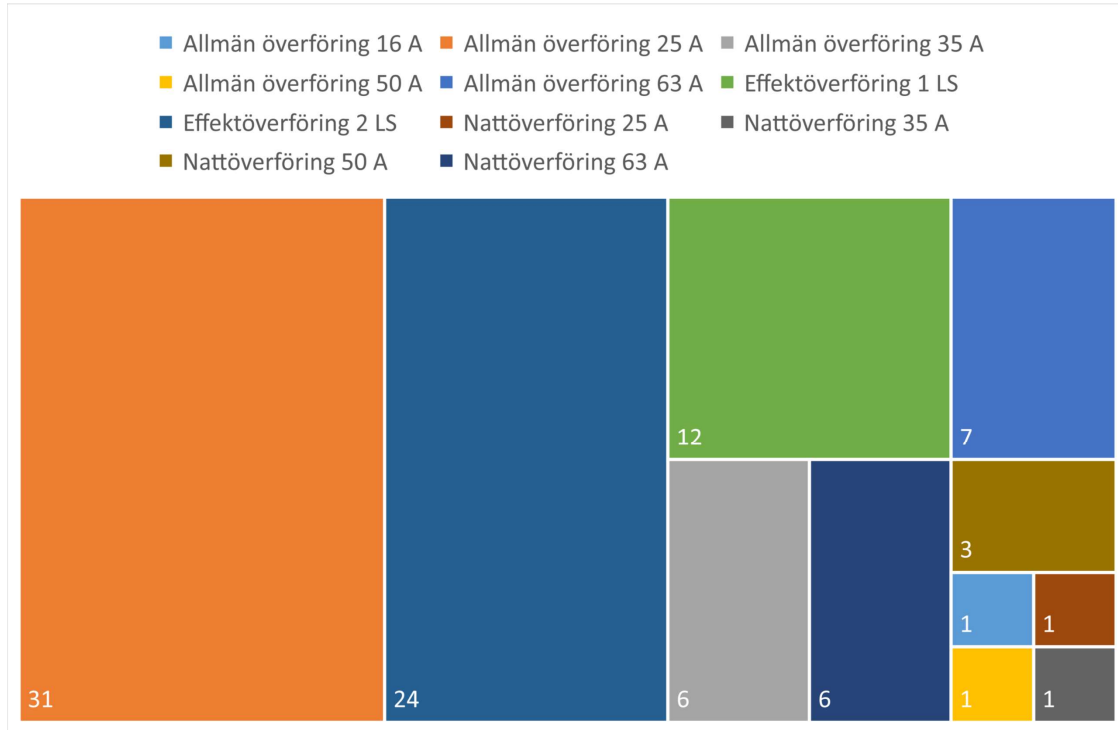
6.1 Elöverföring

Elavgiften, speciellt överföringsavgiften, har på de senaste 10 åren ökat kraftigt. Senast juli 2018 höjde Caruna Oy överföringsavgiften med i medeltal 6,5 % och ser man på prisutvecklingen av Carunas elöverföring till småindustri i figur 31 är det troligt att denna prisökning kommer fortsätta i samband med att Caruna gör mer investeringar i elnätverket.



Figur 31: Prisutveckling av Carunas elöverföringsavgift från 2007 till 2017 [18]

De höga avgifterna för elöverföring leder till ett behov att försöka minska så mycket som möjligt på andelen inköpt el. Också olika överföringsavtal och säkringsstorlekar påverkar elavgiftens storlek. I dagsläget har staden tre olika avtal med Caruna och dessa är allmän överföring, nattöverföring och effektöverföring. Distributionen av dessa inom Pargas stads fastighetsmassa kan ses i figur 32.



Figur 32: Antal fastigheter enligt elöverföringsavtal

I tabell 44, 45, 46 och 47 presenteras fasta månadsavgifter för olika säkringsstorlekar och Carunas överföringspriser för effektöverföring före och efter 1.7.2018.

Tabell 44: Carunas säkringsavgifter för allmän överföring och nattöverföring före 1.7.2018 [15]

Säkringsstorlek →	16 A	25 A	35 A	50 A	63 A
Allmän överföring ($\frac{\text{€}}{\text{mån}}$)	16,94	22,60	39,60	68,60	108,00
Nattöverföring / Säsongsöverföring ($\frac{\text{€}}{\text{mån}}$)	22,60	28,75	53,60	90,30	142,00

Tabell 45: Carunas säkringsavgifter för allmän överföring och nattöverföring efter 1.7.2018 [14]

Säkringsstorlek →	16 A	25 A	35 A	50 A	63 A
Allmän överföring ($\frac{\text{€}}{\text{mån}}$)	18,38	24,55	43,00	74,30	117,00
Nattöverföring / Säsongsöverföring ($\frac{\text{€}}{\text{mån}}$)	24,80	31,55	58,70	97,50	153,00

Tabell 46: Carunas överföringsavgift för effektöverföring 1 och 2 före 1.7.2018 [14, 15]

	Grundavgift ($\frac{\text{€}}{\text{mån}}$)	Effektavgift ($\frac{\text{€}}{\text{kW,mån}}$)	Överföringsavgift ($\frac{\text{c}}{\text{kWh}}$)
Effektöverföring 1, LS	46,10	2,85	2,79
Effektöverföring 2, LS	46,10	4,77	Vinterdag 2,51 Övrig dag 1,62

Tabell 47: Carunas överföringsavgift för effektöverföring 1 och 2 efter 1.7.2018 [14, 15]

	Grundavgift ($\frac{\text{€}}{\text{mån}}$)	Effektavgift ($\frac{\text{€}}{\text{kW,mån}}$)	Överföringsavgift ($\frac{\text{c}}{\text{kWh}}$)
Effektöverföring 1, LS	49,80	3,06	3,02
Effektöverföring 2, LS	49,80	5,13	Vinterdag 2,72 Övrig dag 1,76

För att beräkna kostnadsskillnaden mellan överföringsavtal kan stabshuset i Korpo användas som exempel. Stabshuset har i nuläget nattöverföring med säkringsstorlek på 63 A. Januari - augusti 2018 var elförbrukningen i fastigheten totalt ca. 108 000 kWh. Med allmän överföring skulle totalkostnaden för överföringen exklusive skatt och med priser gällande före 1.7.2018 bli

$$C = 8 \text{ mån} \cdot 108 \frac{\text{€}}{\text{mån}} + 108\,000 \text{ kWh} \cdot \frac{3,98 \frac{\text{c}}{\text{kWh}}}{100 \frac{\text{c}}{\text{€}}} = 4\,307 \text{ €}$$

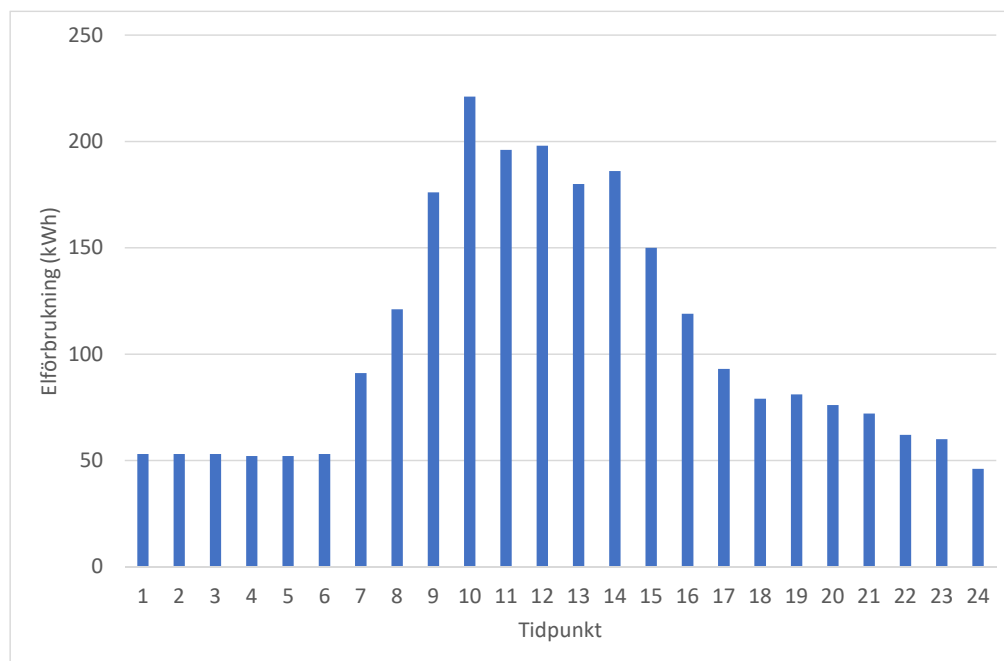
där C är kostnaden angiven i €.

Nattöverföringsavtal med förbrukning endast under dagstid 7 - 22 vilket är den dyraste tidpunkten skulle kosta

$$C = 8 \text{ mån} \cdot 142 \frac{\text{€}}{\text{mån}} + 108\,000 \text{ kWh} \cdot \frac{3,92 \frac{\text{c}}{\text{kWh}}}{100 \frac{\text{c}}{\text{€}}} = 4\,245 \text{ €}$$

vilket redan är mindre än kostnaden för allmän överföring. Ifall förbrukningen dessutom skulle förflyttas mot natten genom att låta värmepumpen och elmotstånden gå mera under den tiden kan kostnaden minskas ytterligare eftersom elöverföringen under natten endast kostar $2,41 \frac{\text{c}}{\text{kWh}}$. Slutsatsen av detta är att Korpo stabshus med nattöverföring redan har det mest förmånliga överföringsavtalet. Liknande jämförelser kan göras för övriga fastigheter för att ta reda på ifall de befintliga överföringsavtalen är de mest ekonomiska.

Det som bör noteras är att 36 av Pargas stads fastigheter har effektöverföringsavtal i vilka staden betalar en effektagift enligt högsta effektförbrukningen den senaste månaden. T.ex. skolcentret i Pargas hade 1.2.2017 en effekttopp på ca. 220 kW när centralköket började tillaga mat som illustreras i figur 33.



Figur 33: Elförbrukning i Pargas skolcenter onsdagen den 1.2.2017

En sådan effekttopp medför en effektagift för elöverföringen på

$$4,77 \frac{\text{€}}{\text{kW, mån}} \cdot 220 \text{ kW} = 1\,049,40 \frac{\text{€}}{\text{mån}}$$

medan en utjämning till en effekttopp på 200 kW skulle medföra en effektagift på

$$4,77 \frac{\text{€}}{\text{kW, mån}} \cdot 200 \text{ kW} = 954 \frac{\text{€}}{\text{mån}}.$$

Efter prisförhöjningen 1.7.2018 skulle effektagiften minska från

$$5,13 \frac{\text{€}}{\text{kW, mån}} \cdot 220 \text{ kW} = 1\,128,60 \frac{\text{€}}{\text{mån}}$$

till

$$5,13 \frac{\text{€}}{\text{kW, mån}} \cdot 200 \text{ kW} = 1\,026 \frac{\text{€}}{\text{mån}}.$$

Detta är ändå ett extremfall och under årets andra månader och speciellt sommarmånaderna när skolelever är på sommarlov kan effekttopparna vara lägre vilket ger utrymme till mindre besparingar. Av totala månadskostnaden för elöverföringen skulle utjämningen av effekttoppen medföra en besparing på ca. 2,8 %, och tas det i beaktande att detta var en av de månader där det förekom större effekttoppar kan inte en investering, speciellt när lagringsmetoder ännu är dyra, för utjämning av elförbrukningen ses som lönsam endast med detta som utgångsläge. Ifall effektagifternas struktur ändras mycket under kommande år och lagringsmöjligheter blir förmånligare rekommenderas Pargas stad se över situationen igen. Genom att sammanföra flera fastigheter till fastighetsgrupper med gemensamma elavtal kunde elförbrukningen utjämnas för hela gruppen men detta kan medföra problem i praktiken.

6.2 Elanvändning

Ett sätt att minska på andelen inköpt el är att se över elanvändningen i Pargas stads fastigheter. Runt 30 % av stadens totala förbrukade energi i fastigheter är elenergi som går till t.ex. belysning, ventilation, datorer och uppvärmning av bilar på parkeringsplatser. På de ställen där det inte finns belysning styrd via rörelsedetektorer lönar det sig att alltid ha belysningen

avstängd när ingen vistas i utrymmet. Dessutom är det bra att så långt som möjligt utnyttja dagsljus innan extra lampor används. Besparingsmöjligheter i samband med reglering av den maskinella ventilationen togs upp i kapitel 4.4. Det är också väsentligt att fastighetens användare vet hur den fungerar och under vilka tider ventilationen är på full respektive halv effekt och till vilken inomhustemperatur fastigheten är inställd till. I skolor speciellt där det kan förekomma extra program som idrott eller kurser på kvällar bör ventilationen ökas igen enligt användarmängden för att undvika dålig luft inne i byggnaden. Fönster och dörrar som leder utomhus bör också hållas stängda under kalla dagar så att inte uppvärmningssystem belastas extra mycket vid uppvärmning av fastigheten.

I de fastigheter där det förekommer kontorsarbete står datorer och medhörande kringutrustning för upp till en tredjedel av elförbrukningen. Ett samarbete mellan IT-personal och användare är då viktigt för att upplysa användaren om hur el kan sparas. Datorer kan stängas av under de perioder de inte används, t.ex. under kvällar, nätter, lunchpauser och under längre möten och dessutom kan energisparinställningar användas på maskinerna. Dessutom kan stationära datorer helt bytas ut till bärbara datorer. IT-personalens uppgift borde vara att upplysa och följa upp att dessa åtgärder följs. I Pargas stadshus finns ännu lokala serversystem med kontinuerlig kylning. En del av serververksamheten har redan lagts ut på entreprenad och det är även planerat att resten av servrarna ska läggas ut när läget tillåter. Både av ekonomiska och underhållsskäl är det logiskt att inte ha servrarna i egen regi.

En stor del av el- och värmeförbrukningen i stadens fastigheter går till centralköken där stora mängder mat tillagas året runt. Arkea som sköter flera kök inom staden faktureras för köken enligt en bestämd hyra där det ingår värme, kylning och el enligt normalförbrukning. Det har fastställts en ”normal” förbrukningsnivå från olika års energirapporter och de faktureras enligt den energins kostnad. Ifall förbrukningen av någon anledning skulle höjas väsentligt öppnas diskussionen om ett nytt avtal men det är osäkert hur detta granskas.

I Uleåborg ordnades 2011 en tävling bland 45 skolor där målet var att minska på energiförbrukningen så mycket som möjligt och den vinnande skolan utlovades ett pris i form av pengar till skolan. Både el- och vattenförbrukning mättes månadsvis och i slutet av året hade skolorna sparat in ca. 46 000 € i el- och vattenkostnader [38]. Ett liknande projekt kunde ordnas i Pargas stad för att uppnå besparingar i skolor. Det skulle då krävas att energiinformation, främst el-, värme- och vattenförbrukning, från fastigheterna är lättillgänglig både för stadens anställda och för skolornas personal och elever. Schneiders kontrollpanel fungerar bra för de som har tillgång till den och i skolorna kunde små informationsskärmar installeras med relevant energidata. Ett dylikt projekt kunde hjälpa utbilda skolelever om energieffek-

tivitet och sund energianvändning och det kunde även fungera som en del av utbildningen i vissa kurser. Dessutom skulle elever hållas engagerade och intresserade när de kan se energiförbrukningen och besparingar i realtid. Projektet kunde också göras så att skolorna endast tävlar med sig själva genom ett så kallat 50/50 system där t.ex. elevkåren får 50 % av den besparade energikostnaden medan staden får resterande 50 %. För att dessa projekt ska lyckas och vara möjliga krävs först och främst ett gott samarbete mellan stadens och skolornas personal men också klara riktlinjer för hur energibesparingar mäts. Till exempel kan årets graddagar användas för att jämföra energiförbrukningen år till år och se skillnader som inte endast beror på förändrade väderförhållanden mellan åren.

6.3 Efterfrågefleksibilitet

I takt med att fossila bränslen slopas och ersätts med väderberoende alternativa energikällor som sol- och vindenergi läggs ett allt större krav på flexibilitet hos konsumenten eftersom produktionen av energi i framtiden kommer bli mer oregelbunden. Efterfrågefleksibilitet definieras som att el- eller värmeförbrukningen hos konsumenter flyttas över från de minuter och timmar när förbrukningen är hög och produktionen belastad till mer förmånliga tidpunkter. På så sätt utjämnas förbrukningen och produktionen av el i landet. Speciellt viktigt är det att både förbrukning och produktion av el hålls på samma nivå för att bibehålla balans i elnäten, något som blir svårare i och med sol- och vindenergins opålitliga elproduktion.

När lagringsbatterier samt el- och hybridbilers batterier alltmer börjar tas i bruk i fastigheter medför de möjligheter att lagra elenergi under toppproduktionstider och ge ut elenergi när efterfrågan är som högst. Likaså kan de lagra sol- och vindenergi under perioder när produktionen är hög men förbrukningen låg och det minskar på mängden elenergi som måste säljas tillbaka till elnätet för ett lågt pris. Även andra möjligheter finns för lagring av el, t.ex. kan biogas bildas genom kemiska reaktioner som drivs av elen. För att efterfrågefleksibilitet ska vara möjligt krävs ett smart elnätverk som består av producenter, konsumenter och automationsteknik. [10]

Användarens roll och påverkan på marknaden kommer även öka inom de närmsta åren och det lönar sig att så tidigt som möjligt anpassa sig till denna nya marknad eftersom el- och värmepriser med stor sannolikhet kommer vara billigare under vissa tidpunkter av dygnet när produktionen är stor och övrig efterfrågan liten. Ifall det finns installerad teknik som möjliggör att el- och värme till största delen kan köpas in under dessa tidpunkter och lagras i t.ex. varmvattenberedare, batterier eller i själva byggnaden kan det medföra stora besparingar

i längden.

Arbets- och näringsministeriet har låtit göra en tidtabell över möjliga utvecklingsskeden 2017 - 2024 inom efterfrågefleksibilitet och elmarknaden. Denna tidtabells mest relevanta punkter presenteras i tabell 48.

Tabell 48: Sammanfattning av potentiell utveckling inom elmarknaden [10]

2017 - 2019	2020 - 2023	2024 -
Automationsteknik blir vanligare	Lagändringar ibruktaga	Mycket egenproducerad energi
Lagändringar förbereds	Fler el- och hybridbilar	Helhetstjänster och avtal vanliga
Ökad efterfrågefleksibilitet bland konsumenter	Mera lagringsmöjligheter av förnybar energi	Fluktuerande elpriser
Effektavgifter blir vanligare	Fler valmöjligheter av tjänsteföretag	Producenter tjänar mer pengar på utvecklade tjänster än energi
Mer samarbete mellan energi-, byggnads- och teknologiindustrin	Sol- och vindenergi billigaste energiformen	Efterfrågefleksibilitetsmarknad en vardag för de flesta konsumenter

Det kan ses att det inte rör sig om många år innan efterfrågefleksibilitet kan vara väldigt relevant och då vore det bra ifall Pargas stad har förberett sig inför förändringen. Detta förutsätter kunskap och teknik. I kapitel 6.1 behandlades effektavgifter och i samband med efterfrågefleksibilitet finns det goda möjligheter att även eliminera effekttoppar i elförbrukningen.

6.4 Rekommendation

Eftersom Caruna har ett lokalt monopol på elöverföringen är Pargas stad tvungna att betala den överföringsavgift som uppbärs. Lösningar till detta är en minskning av fastigheternas elförbrukning eller en minskning av mängden inköpt el. Solpaneler är ett av de bästa alternativen för att eliminera behovet av inköpt el och där finns det ännu mycket utvecklingspotential

för Pargas stad. Utöver detta rekommenderas Pargas stad informera och utbilda fastigheternas användare om energieffektiv användning av belysning, datorer etc. I stadens skolor, främst högstadium och gymnasier, kunde ett energiprojekt påbörjas för att ge ett större incitativ för skolelever att tänka på energiförbrukningen i skolorna. Ifall solpaneler monteras på skolbyggnader kunde det installeras några informationstavlor inne i skolbyggnaden som är kopplade till panelerna.

Lösningar till kapacitetsavgifter och efterfrågeflexibilitet är två investeringsområden som inte aktivt behöver behandlas i budgeten inom det närmaste året p.g.a. höga kostnader för batterier och övrig relevant teknik. Det är ändå viktigt att dessa hålls i baktanke vid övriga investeringar ifall det i framtiden finns ett behov för utökning med lagringsmöjligheter och styrning.

7 Fastighetsautomation

Med fastighetsautomation kan byggtekniskt data som förbrukningar och trender samlas in och styrning av tekniska delar inom byggnaden kan göras så energieffektivt. Tillika kan behovet av tillgänglig jourverksamhet minskas. Med ett större intresse för effektivisering av energiförbrukningen och med ett större behov av efterfrågeflexibilitet hos konsumenter blir fastighetsautomation allt viktigare. Motiva ger ett antal rekommendationer vid planering av fastighetsautomation [50]:

- Planera systemet enligt byggnadens användning, inte enligt tekniskt data.
- Planera in tillräcklig flexibilitet i systemet så det kan användas under byggnadens hela livstid.
- Ta i beaktande eventuella utökningar av systemet.
- Utred noggrannt vilka krav som ställs angående energieffektivisering av byggnaden och se till att automationssystemet täcker dem.
- Billigaste alternativet är inte alltid det mest energieffektiva.
- Konstant uppföljning och snabb reaktion på förändringar är viktiga när systemet tagits i bruk.

7.1 Existerande fastighetsautomation

Pargas stad har avtal med Schneider Electric i vilka det ingår byggnadsövervakning, distansstyrning och jour i form av fastighetsautomationsteknik för 38 fastigheter. För 13 av dessa fastigheter har det även uppgjorts speciella sparåtgärdsavtal där målet varit att tillsammans med Pargas stad, fastighetsanvändarna och Schneider optimera energianvändningen i fastigheterna och få till stånd kostnadsbesparingar för staden. Dessa fastigheters energiförbrukning och -prestanda uppföljs mer noggrant och det görs månatliga rapporter som är tillgängliga för Pargas stad. I rapporterna ingår månatlig uppföljning av el-, värme- och vattenförbrukning som jämförs med överenskomna ”garanti”-sparnivåer. Enligt avtalen har Schneider rätt till 20 % av garantibesparingen räknat enligt det relevanta årets energipriser. Ifall det uppstår större besparingar än garantinivån betalar staden 50 % av den mängd som överskrider garantinivån till Schneider och ifall garantinivån inte kan uppnås ersätter Schneider differensen. I de fastigheter med upplagda sparmål är det Schneider som sköter inställningen och styrningen av de tekniska systemen och uppbär en fast månadsavgift för detta. I vissa fastigheter som kräver mer varierande brukstider av t.ex. ventilationen sköter även någon från stadens personal en del av styrningen. För tillfället har Schneider och Pargas stad kommit överens om att det i vissa fastigheter skett så mycket förändringar att spargränserna inte längre är aktuella och därmed följs det inte upp ifall gränserna nås i dessa. I samband med diplomarbetet ordnades ett möte mellan Pargas stad och Schneider Electric där det diskuterades eventuella utvecklingsmöjligheter inom samarbetet. Bland annat kom det överens om att de månatliga rapporterna även skulle innehålla koldioxidutsläppsnivåer från energianvändningen i fastigheterna. Dessutom kan Schneider Electric under regelbundna möten med Pargas stad komma med utvecklingsförslag för fastigheter de anser prestera energimässigt dåligt.

7.2 Rekommendation

Pargas stad har redan ett långt samarbete med Schneider Electric där fastighetsautomationen kontinuerligt utvecklas och de är bekanta med Pargas stads fastighetsmassa. Vidare utvidgning, speciellt ute i skärgården, är viktig för att minska på behovet av jourpersonal. Vid kommande investeringar i speciellt värmepumpar rekommenderas Pargas stad lägga vikt på anslutning av värmepumpens styrning och uppföljning till Schneiders kontrollpanel. För att lättare kunna analysera ifall värmepumpen är optimalt inställd krävs det kontinuerligt data med trenduppföljning, något som enkelt kunde förverkligas med hjälp av Schneider. Schneider Electrics roll vid utjämning av effekttoppar och vid utvecklingen av efterfrågeflexibilitet

kommer också vara väsentlig och där kunde diskussioner redan nu påbörjas. Sparnivåerna i de 13 fastigheter med extra sparåtgärdsavtal kunde uppdateras vid slutet av 2018 och ifall det görs signifikanta förändringar inom fastighetsmassan efter det rekommenderas det att sparnivåerna justeras regelbundet.

Vid Fridhem som uppvärms med flisvärme finns en oljepanna som reservvärmekälla och denna borde kopplas så att den automatiskt slås på vid eventuella fel i värmedistributionen från fliskraftverket.

8 Oljeuppvärmning

Oljeuppvärmning sker med hjälp av en oljebrännare, oljepanna, oljebehållare och styrteknik. För att sprida värmen i byggnaden används ett vattenburet rörsystem som oftast avger värme via radiatorer [57]. I Pargas stads fastighetsmassa uppvärms dryga fyrtio fastigheter fortfarande med olja. Moderna oljeuppvärmningsenheter är väldigt effektiva och har låga utsläppsnivåer men den befintliga oljeuppvärmningen i Pargas stad består av gamla ineffektiva oljepannor och -brännare som medför höga oljekostnader och en stor negativ miljöpåverkan. På grund av detta är det motiverat att övergå till andra uppvärmningsmetoder så snart som möjligt. Nyare oljepannor som det genomförts regelbundet underhåll på kan köra på längre medan äldre system senast bör bytas i samband med övriga reparationer av fastigheten. Som figur 30 i kapitel 5.3 visade är det på lång sikt mer lönsamt att övergå från oljeuppvärmningen i ett så tidigt skede som möjligt eftersom driftkostnaderna snabbt ackumuleras. De fastigheter som fortfarande har oljeuppvärmning presenteras i tabell 49. I tabellen har inte tagits med de fastigheter som planeras säljas eller rivs inom kort.

Tabell 49: Helt eller delvis oljeuppvärmda fastigheter i Pargas stads fastighetsmassa 2018

Fastighet	Fastighet
Skräbböle skola, gamla byggnaden	Seniorstugan
Skräbböle baracken	Social service
Sunnanbergs skola	Pargas taxistation
Nilsby nya skola	Egnahemshus Vapparvägen 4a
Nilsby gamla skola	Egnahemshus Vapparvägen 6a
Merituuli daghem	Egnahemshus Hermelinstigen 2a
Solgränd	Egnahemshus Vappargränd 5
Peikkorinne daghem	Nagu bollhall och bibliotek
Solgläntan	Grannas
Nagu områdeskontor	Regnbågen
Nagu högstadium	Korpo skolcenter
Nagu lågstadium	Utö skola
Daghemmet karusellen	Iniö hälsobus / områdeskontor
Framnäs	Iniö daghem
Träsk skola	Fridhem
Houtskär områdeskontor	Houtskär idrottshall
Houtskär brandstation	Lagerhall i Houtskär

Ett långsiktigt mål för Pargas stad är att byta uppvärmningsmetod i samtliga fastigheter från tabell 49. Innan detta görs krävs ett samarbete mellan Pargas stads servicemän där en lista över oljepannor och oljebrännare uppdateras med modell, tillverkningsår och effekt. Denna lista är väsentlig för att kunna avgöra i vilken ordning fastigheterna borde prioriteras.

Den totala oljeförbrukningen 2017 för dessa fastigheter var ca. 5 300 MWh. Ifall uppvärmningen i alla fastigheter skulle bytas ut till olika sorters värmepumpar med ett genomsnittligt COP-värde på 3,0 kan den årliga energibesparingen approximativt beräknas enligt ekvationen

$$B = 5\,300 \text{ MWh} \cdot 80 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} - \frac{5\,300 \text{ MWh} \cdot 100 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}}{3,0} \approx 247\,000 \text{ €}$$

där B är den årliga besparingen angiven i € och olje- samt elkostnaden har antagits vara $80 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$ respektive $100 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$. I energi skulle besparingen motsvara ca. 3 500 MWh eller en minskning på 18 % från den nuvarande totala energiförbrukningen i Pargas stads fastighets-

massa vilket är mer än dubbelt så mycket som sparmålet på 7,5 % fram till 2025. Årliga minskade koldioxidutsläpp uppgår till 935 ton ifall Pargas stad fortsätter köpa el producerad med förnybara energikällor.

Rekommendation

Pargas stad rekommenderas starkt prioritera dessa fastigheter vid energiinvesteringar. Efter att en lista över oljepannor och -brännare uppgjorts kunde en investeringstidtabell för fastigheterna i tabell 49 göras. Även med en begränsad investeringsbudget borde det läggas vikt vid att åtminstone någon fastighets byte av uppvärmningssystem tas med i budgetförhandlingarna varje år. På detta sätt säkerställs en kontinuerlig förbättring av energieffektiviteten.

9 Upphandling och finansieringsmodeller

Olika finansieringsmodeller för en kommun som kan användas vid investeringar behandlas i kapitel 9.1-4 och i kapitel 9.5 behandlas en kommuns upphandlingsförfarande.

9.1 Nycklarna i handen - paket

I ett nycklarna i handen paket betalar kunden en klumpsumma för investeringen i vilken produkt, leverans och eventuell installation ingår så att varan eller tjänsten är i bruksskick vid överlämning till kunden. Kostnaden kan antingen täckas med eget kapital eller så krävs ett lån. Lån försämrar investeringslönsamheten eftersom det oftast uppbärs en ränta på lånekapitalet som ska betalas tillbaka till långivaren. Solcellssystemen på områdeskontoret i Nagu och på stadshuset i Pargas har upphandlats enligt denna metod. Positivt med denna metod är dess effektivitet samt produkten är i bruksskick och ägs av kunden direkt vid överlämning. Negativa aspekter är det stora investeringskapital som krävs vid investeringen och det tar oftast många år innan investeringen återbetalats.

9.2 Leasingavtal

Med ett leasingavtal betalar kunden en viss förhandsbestämd summa varje månad eller år och efter ett visst antal år övergår anskaffningen till kundens ägo för en viss kostnad beroende på det resterande värdet på investeringen efter avbetalningarna. Ifall kostnaden vid

överlämningstidpunkten fortfarande är stor kan leasingavtalet förlängas. Med leasingavtal kan Pargas stad undvika höga investeringskostnader i samband med anskaffningen. Till exempel vid en solcellsanskaffning motsvarar månads- eller årsbetalningarna rätt så långt den besparade kostnaden av inköpt el.

9.3 PPA

PPA-modellen står för Power Purchase Agreement och består av ett långvarigt kontrakt mellan kunden och leverantören där leverantören fortfarande äger den upphandlade enheten och sköter underhåll och produktion av denna. Kunden betalar sedan ett förhandlat pris endast för den producerade värmen eller elen tills investeringen har återbetalats och enheten övergår till kundens ägo. Eftersom kommuner ofta har svårt att investera större summor kunde detta vara ett väldigt bra alternativ. Denna upphandlingsmetod medför inte någon investeringskostnad och det finns inte heller någon kostnads- eller produktionsrisk för staden. [4]

Hangö stad är i processen att anskaffa och montera solkraftverk på ca. 700 kWp effekt på 12 av stadens tak. 9 av takens solpaneler finansieras med en s.k. PPA-modell där Hangö hyr ut stadens tak till en företagare som monterar solcellssystem på dem och säljer den producerade solelen till staden för ett lägre pris än marknadspriset vilket möjliggörs av att den egna produktionen inte medför överföringskostnader. När investeringskostnaden inklusive en avtalad ränta åt företagaren betalats tillbaka genom köpt solel övergår panelerna till stadens ägo och de fortsätter att producera så gott som gratis el för staden under hela deras resterande livslängd. Under återbetalningsperioden tillkommer det ingen extra kostnad för staden, förutom om det behöver utföras takreoveringar, och när panelerna är återbetalade minskar behovet av inköpt el för staden avsevärt. Ett liknande projekt kunde vara en stor möjlighet för Pargas stad att utnyttja solens energi ytterligare och panelerna ger även ett gott intryck och kan medföra ett initiativ för kommuninvånarna att själva ta steget mot energiförändringar. Ett alternativ kunde vara att Pargas Fjärrvärme Ab sköter anskaffningen av panelerna och säljer den producerade elen till Pargas stad enligt denna modell.

9.4 Kuntahankinnat

Kuntahankinnat ägs av Finlands Kommunförbund rf som konkurrensutsätter tjänster och varor för gemensamma upphandlingar åt t.ex. kommuner. Vid gemensamma upphandlingar

sjunker priserna tack vare den stora mängd enheter som upphandlas. Kuntahankinnat sköter även avtalsadministrationen vilket innebär en mindre arbetsbörda för kommunen. År 2017 upphandlades varor och tjänster via Kuntahankinnat för 474 miljoner euro och de hade runt 1 300 olika kunder.

KL Kuntahankinnat Oy har för tillfället en aktiv gemensam upphandling av solelskraftverk för 2016 - 2020. Under det första året installerades nästan 60 solelskraftverk med en total gemensam effekt på ca. 2 MW. Finansieringsmodellen är ett leasingavtal med månadsavgifter där leverantören ansvarar för kraftverket och kommunen betalar endast månadsavgift ifall kraftverket producerar den avtalade mängden el. [34]

9.5 Upphandlingsförfarande

För kommuner finns det en klar upphandlingslag om hur offentliga upphandlingar av enheter som överstiger ett tröskelvärde ska skötas. Denna lag, med hjälp av konkurrensutsättning, bidrar till att skapa konkurrens på marknaden, främja innovation och skapa lika möjligheter för flera olika företag att erbjuda varor och tjänster. Principerna som bör följas enligt upphandlingslagen är jämlikhet, icke-diskriminering, öppenhet och proportionalitet. Nationella gränser för upphandlingars tröskelpris presenteras i tabell 50.

Tabell 50: Nationella tröskelvärden för offentliga upphandlingar från 1.1.2017 [83]

Upphandling	Tröskelvärde
Varor, tjänster och projekttävlingar	60 000 €
Byggnadsentreprenader	150 000 €
Social- och hälsovårdstjänster	400 000 €
Andra särskilda tjänster	300 000 €
Koncessioner	500 000 €

Vid offentliga upphandlingar är det möjligt att upphandla energieffektivt genom god planering. I upphandlingslagen står det att den upphandlande enheten ska välja det anbud som är det ekonomiskt mest fördelaktiga. Ekonomiskt mest fördelaktigt är antingen det anbud med lägst pris, det kostnadsmässigt mest fördelaktiga eller det anbud som har bäst pris och kvalitetförhållande. Genom att bestämma sådana jämförelsegrunder som tar i beaktande hela upphandlade varans livslängdskostnader eller till exempel miljö-, kvalitativa eller innovativa aspekter kan det läggas fokus på energieffektivitet. Jämförelsegrunderna kan kräva

en viss kunskap inom energieffektivitet och förnybar energi eller så kan de förutsätta en viss grad av skolning åt den upphandlande enheten. För att bästa möjliga resultat ska uppnås bör den upphandlande enheten planera jämförelsegrunderna grundligt och specifikt så att de objektivt kan jämföras och en marknadsundersökning kan med fördel påbörjas innan själva upphandlingsprocessen börjar. Med en marknadsundersökning kan marknadens läge evalueras och leverantörer informeras om den kommande upphandlingen tillika som den upphandlande enheten får mer information om vad olika leverantörer kan erbjuda. Under marknadsundersökningen kan utomstående experthjälp anlitas för att bättre skraddarsy upphandlingsdetaljerna så att ett bättre slutresultat uppnås. [3, 22]

Upphandlingen av bergvärmepumpen i Korpo stabshus konkurrensutsattes med hjälp av LVI-insinööri Lehtonen som beräknade och specificerade de tekniska kraven för upphandlingen. Baskraven var en värmepump som skulle kopplas till det vattenburna uppvärmningssystemet och till den befintliga fastighetsautomationen i byggnaden. Dessutom skulle värmepumpen förses med energimätare som visar mängden producerad värmeenergi och mängden energi som gått till att värma bruksvatten i fastigheten. Övriga krav som ingick i upphandlingen presenteras i tabell 51.

Tabell 51: Upphandlingskrav vid konkurrensutsättningen av Korpo stabshus värmepump

Krav	Specifikation
Fastighetens värmeeffektbehov	100 kW
Varmt bruksvatten behov	30 000 $\frac{\text{kWh}}{\text{år}}$
Bergvärmens effekt	Minst 50 % av fastighetens värmebehov
Luft-vattenvärmepumpens effekt	Minst 60 kW
Hjälpuppvärmning	45 kW elmotståndseffekt
Garanti	5 år
Övrigt	Dimensionering av borrhål. Kalkyl över värmepumpens driftkostnader under 15 år. Beskrivning av rörliga kostnader vid installation.

Vid upphandlingen togs det inte upp något alternativ för golvvärmeinstallation i fastigheten. Detta alternativ kunde tas med ifall det specificeras att det alternativ som har lägst

sammanslagen anskaffningskostnad och driftkostnad under t.ex. 15 år väljs vid konkurrensutsättningen.

9.6 Rekommendation

Planeringsskedet vid en offentlig upphandling är väldigt viktigt ifall energieffektivitet ska uppnås. Att endast gå efter den lägsta anskaffningskostnaden är gammalmodigt och istället borde investeringens hela livslängdskostnader och helhetsenergieffektiviteten beaktas. Energimärkningar kan med fördel användas för att lägga krav på hur energieffektiv den upphandlade varan bör vara.

10 El- och hybridbilar

En elbil definieras av att den körs med hjälp av en elmotor som också fungerar som en generator vid inbromsning. I bilen finns ett laddningsbart batteri inklusive laddningssystem och ett elektriskt styrsystem. Hybridbilar brukar delas in i laddningsbara och icke laddningsbara hybridbilar. I en icke laddningsbar hybridbil finns en eller två mindre elektriska motorer utöver förbränningsmotorn och dessa hjälper till vid acceleration och möjliggör en mindre storlek på förbränningsmotorn. Med icke laddningsbara hybridbilar är det endast möjligt att köra 0 - 2 km med endast elmotor. Batteriet laddas automatiskt medan bilen kör på vanligt bränsle. I laddningsbara hybridbilar finns det en elmotor, batteri och en förbränningsmotor vilket möjliggör en körsträcka på 20 - 100 km med elmotor. Både förbränningsmotorn och batteriet påfylls med energi utifrån. Överlag förbrukar en elbil beroende på bilens storlek ca. $0,15 - 0,25 \frac{\text{kWh}}{\text{km}}$ el. [62]

Pargas stadsfullmäktige beslöt i mars 2018 att Pargas stad vid nästa förnyelse av leasingfordonsparken går in för upphandling av små laddhybrider vid de områden där det finns tillgängliga laddningsmöjligheter. Dessutom skall fastighetssidan ta i beaktande laddmöjligheter för elbilar vid nya fastighetsprojekt. I dagsläget har Pargas stad i egen ägo 18 personbilar, 15 paketbilar och 3 lastbilar. Majoriteten av personbilarna är små bilar av märket Toyota Auris som används inom hemvården. Den minsta laddhybridbilen på marknaden i dagsläget är Hyundai Ioniq plug-in med en kostnad på ca. 31 000 € och en marknadsförd koldioxidutsläppsnivå på $26 \frac{\text{g}}{\text{km}}$. Icke laddningsbara hybridmodeller i storlekssklassen som lämpar sig till hemvården finns det flera alternativ av. Bland annat Toyota Auris 1,8 hybrid för ca. 24 000 € och Toyota Yaris HSD för ca. 20 000 €.

Toyota ger en medelförbrukning av bensin på $4,8 \frac{1}{100\text{km}}$ för deras modell Yaris HSD medan Hyundai påstår att batteriet på 8,9 kWh räcker till 60 km körning med endast elmotorn. Ifall det antas att laddhybriden endast körs så korta sträckor att batteriet räcker till och kan laddas mellan körningar är förbrukningen ca. $0,15 \frac{\text{kWh}}{\text{km}}$. Om totala årliga körsträckan för bilen är 15 000 km blir driftkostnaden 270 € med en elkostnad på $0,12 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ vilket kan anses vara en realistisk kostnad några år framåt. Jämförs detta med modellen Yaris HSD som med samma körsträcka har en driftkostnad på 1 080 € ifall det antas att bensinkostnaden är $1,50 \frac{\text{€}}{\text{l}}$. Med dessa kalkyler blir årliga besparingen i bränslekostnader 810 € för en Hyundai Ioniq plug-in men eftersom kostnaden för bilen är 11 000 € högre blir också återbetalningstiden nästan 14 år och det är tveksamt ifall batteriet håller samma prestanda så länge. Denna kalkyl gjordes med antagandet att laddningsbara hybridbilen körs med endast elmotorn vilket inte alltid är möjligt och ifall förbränningsmotorn måste användas ökar också bränslekonsumtionen.

Laddhybrider och elbilar kan laddas vid sådana parkeringsplatser där det redan finns befintliga eluttag för biluppvärmning men då är laddningen långsam och laddning av en laddhybrid räcker oftast 2 - 7 timmar. För snabbare laddning krävs en snabbladdningsstation med högre strömstyrka men dessa lösningar är dyrare och begränsade till endast en bil åt gången. En indirekt kostnad för elbilar och laddhybrider är den effekttopp de kan medföra ifall samtliga bilar laddas samtidigt under dagen, t.ex. vid arbetsdagens slut. Detta leder till högre kapacitetsavgifter i de fastigheter som har effektöverföringsavtal för elöverföringen. Innan smarta elnätverk utvecklas där elbilars och laddhybridbilers batterier kan användas flexibelt för att underlätta belastningen på nätverket finns det inte många praktiska lösningar på detta problem.

Rekommendation

För tillfället finns det inte någon passlig liten laddningsbar hybridbil till hemvården utan Pargas stad rekommenderas vänta tills nya mindre modeller av laddningsbara hybrider lanseras och blir tillgängliga via leasingavtal. För hemvården kunde ett alternativ även vara att minska på bilanvändningen och ta i bruk elcyklar inom Pargas kärncentrum. I samband med anskaffningen av laddhybrider rekommenderas Pargas stad bygga åtminstone en offentlig snabbladdningsstation för elbilar som kan användas av både Pargas stads fordonspark men också av övriga kommuninvånare.

11 Landskaps- och vårdreformen

Ifall landskaps- och vårdreformen genomförs kommer ansvaret för social- och hälsovården övergå från kommunerna till landskapen. I den senaste regeringspropositionen skulle ansvaret övergå till landskapen den 1.1.2021. I samband med detta är landskapen tvungna att hyra Pargas stads social- och hälsovårdsfastigheter för 3+1 år [37]. Ifall landskapen efter denna period i samband med effektivisering av social- och hälsovården bestämmer att byggnaden inte längre behövs för att främja servicen finns det risk att den blir utan användning. I en utredning om riskerna med landskaps- och vårdreformen för kommuner i avseende på deras fastigheter kom det fram att störst risk för fastigheter att bli utan användning efter treårsperioden finns hos små kommuner med gles befolkning. Det finns en risk att landskapen väljer de fastigheter som är i bättre skick till sin verksamhet vilket lämnar kommunen med fastigheter i sämre skick som är dyra i drift.

De alternativ en kommun har för dess social- och hälsovårdsfastigheter innan reformen presenteras i tabell 52.

Tabell 52: Olika alternativ för en kommuns social- och hälsovårdsfastigheter [35]

Alternativ	Beskrivning
Behålla i egen ägo	Kommunen gör vid behov investeringar innan reformen, hyr ut fastigheten under treårsperioden och ser sedan över fortsatt uthyrning.
Bolagisering	Genom att bolagisera fastigheten och hyra den till kommunen kan sedan avtalet överföras antingen till landskapen eller till privata serviceproducenter.
Försäljning	För tillfället finns det en stor efterfrågan på social- och hälsovårdsfastigheter på marknaden.
Utveckling och försäljning	Göra utvecklingsinvesteringar på fastigheten och därefter sälja.
Rivning	Rivning av fastigheter utan behov i kommunen antingen före eller efter reformen.

Rekommendation

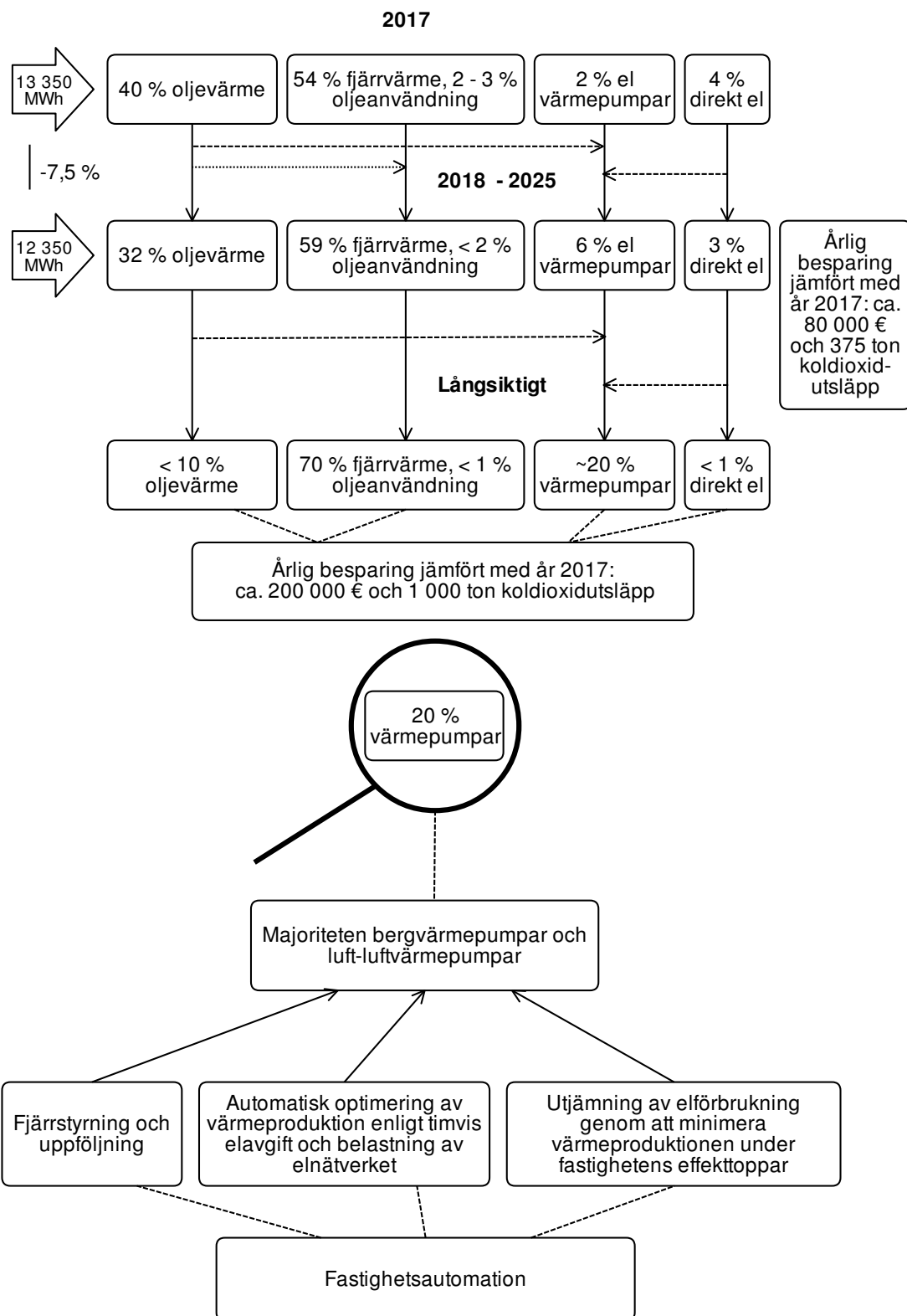
Av Pargas stads fastighetsmassa på 96 300 m² berörs 26 264 m² eller 27 % av landskaps- och vårdreformen. På grund av en osäker framtid och ett osäkert användningsändamål eller behov för fastigheterna rekommenderas Pargas stad inte genomföra större förändringar eller renoveringar i dessa innan läget har klarnat.

12 Diskussion och föreslagna åtgärder

I figur 34 presenteras grafiskt en potentiell utvecklingsplan av mängden inköpt uppvärmningsenergi som följer kommunsektorns energieffektiveringsmål. Figur 35 klargör grafiskt de generella riktlinjer Pargas stad kunde ta för att förverkliga utvecklingsplanen. I kapitel 12.1-7 behandlas och diskuteras dessa åtgärdsalternativ och riktlinjer mera ingående och fastighetsspecifikt. Vid investeringar är det viktigt att även marknadsföra till kommuninvånare och övriga kommuner vilka åtgärder som tas och hur åtgärderna påverkat eller kommer påverka Pargas stads energianvändning. På detta sätt sprids kunskap, information och lärdomar om projekten och deras lönsamhet vidare vilket kan underlätta planeringsarbetet för övriga. Dessutom ger det en god bild av att Pargas stad är med i främjandet av en hållbar utveckling.

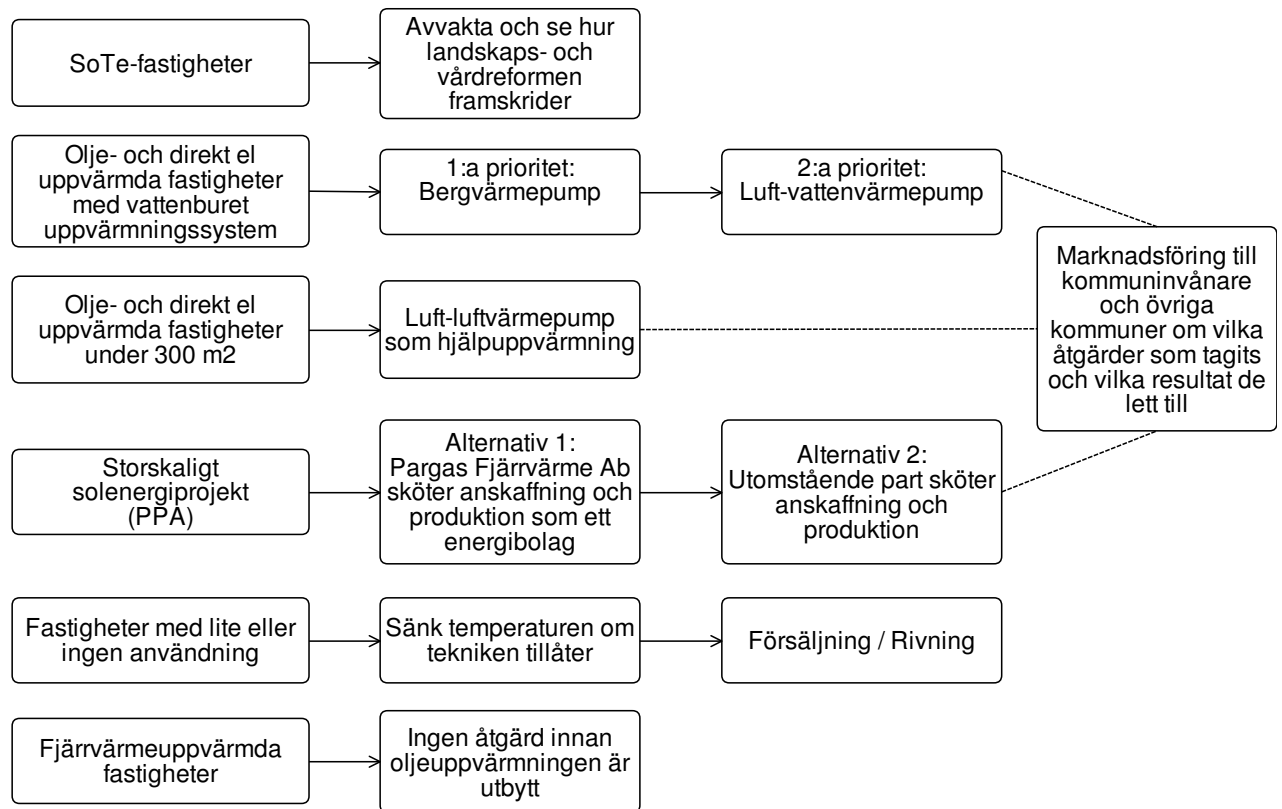
I oktober 2018 behandlades ett utlåtande om principer vid energieffektivering av Pargas stads fastighetsmassa. Utlåtandet behandlades av Pargas stads stadsstyrelses sektion för tekniska stödtjänster och principerna var baserade på resultat erhållna från detta arbete. Utlåtandet kan ses i bilaga A. Under mötet togs beslutet att de nämnda principerna i föredragningen följs med två tillägg. Första tillägget var en tidsfrist för Pargas Fjärrvärme Ab att innan årets slut offerera åt Pargas stad ett projekt för solelsproduktion med PPA-modell. Det andra tillägget var att Pargas stad utreder ifall flisraftverket i Fridhem kan bli en skild fastighet så det inte berörs av landskaps- och vårdreformen.

Inköpt uppvärmningsenergi



Figur 34: Schematisk bild över en potentiell utveckling av fastighetsmassans uppvärmningstekniker

Rekommendationer och riktlinjer för en energieffektivare fastighetsmassa



Figur 35: Grafisk presentation av rekommendationer och generella riktlinjer för Pargas stad

12.1 Storskaligt solenergiprojekt

Ett storskaligt solenergiprojekt med PPA-finansieringsmodellen är ett enkelt och relativt riskfritt alternativ för Pargas stad att öka på andelen förnybara energikällor utan att bindas till stora investeringskapital. I tabell 53 presenteras fastighetsalternativ i Pargas kärncentrum med lämpliga solpanelseffekter beräknade med hjälp av timvis elförbrukning under 2017. Före solpaneler monteras på ett fastighetstak måste omgivningen beaktas så det inte finns träd eller övriga konstruktioner som skuggar solpanelerna eftersom produktionen då kan försämrans märkbart.

Tabell 53: Storskaligt PPA-projekt för solenergi i Pargas kärncentrum

Fastighet	Estimerad solpanelseffekt (kWp)	Estimerad årlig elproduktion (MWh)
Malmkulla	70	59,5
Pargas skolcenter	70	59,5
Pargas hälsocentral	50	42,5
Björkebo	40	34
Björkhagens skola	25	21,25
Pargas brandstation	20	17
Skräbböle skola	15	12,75
Kirjala nya skola	13	11,05
Nilsby nya skola	13	11,05
Björkhagens daghem	8	6,8
Kirjala daghem	8	6,8
Stadens lager, depån	8	6,8
Sagoängens daghem	8	6,8
Kombila och Kikaren	5	4,25
Totalt	345	300,05

Pargas stad hyr taken åt ett utomstående företag för t.ex. $5 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$ producerad elenergi. Detta företag sköter installation, underhåll och produktion av solpanelerna och säljer den producerade elen till Pargas stad för en överenskommen avgift som motsvarar marknadsavgiften. Efter att solpanelerna är återbetalade via uppköpt producerad el övergår de till Pargas stads ägo för den resterande livslängden. Återbetalningstiden fluktuerar enligt marknadens elavgiftsutveckling och panelernas elproduktion som kan antas försämrans med ca. 1 % per år. I

tabell 54 presenteras olika approximativa besparingsalternativ för hela solpanelsmassan enligt olika scenarion av elavgiftutvecklingen. I beräkningen har det antagits att medelavgiften för el är $120 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$ i nuläget.

Tabell 54: Besparingspotential vid storskaligt PPA-projekt

Elavgiftens ökning per år	Återbetalningstid	Besparing efter återbetalningstid med beräknad livslängd på 35 år
0,5 %	17 - 18 år	564 000 €
1,5 %	15 - 16 år	743 000 €
3 %	14 - 15 år	1 225 000 €

Under återbetalningstiden medför projektet inga extra kostnader för Pargas stad eftersom avgiften på den producerade elen följer den marknadsavgift som i annat fall också skulle betalas för den förbrukade elen. Pargas stad har ingen produktions- eller underhållsrisk utöver de egna takens underhåll. Det som kan medföra problem är ifall fastigheten blir utan användning för då måste panelerna flyttas till en annan fastighet om det är möjligt. Ifall det finns risk för att detta sker, t.ex. i samband med landskaps- och vårdreformen, är det bäst att inte montera solpaneler på den fastigheten. Ett alternativ som redan diskuterats är att Pargas Fjärrvärme Ab som ett energibolag kunde vara det företag som sköter om produktionen och säljer elen till Pargas stad. Ifall detta inte är möjligt kan upphandlingen konkurrensutsättas för att hitta en lämplig leverantör. Ifall även övriga skärgårdsdelar inkluderas i projektet finns lämpliga fastighetsalternativ presenterade i tabell 55 men takens skick och riktning måste fortfarande undersökas noggrannare.

Tabell 55: Fastighetsalternativ för solpaneler i Pargas skärgårdsdelar

Fastighet	Estimerad solpanelseffekt (kWp)	Estimerad årlig elproduktion (MWh)
Regnbågen	40	34
Fridhem	40	34
Skärgårdshavets skola	35	29,75
Korpo stabshus	20	17
Nagu bollhall och bibliotek	12	10,2
Träsk skola	12	10,2
Korpo hälsocentral	12	10,2
Iniö skola	10	8,5
Kyrkbackens skola	8	6,8
Nagu daghem	6	5,1
Näsby daghem	6	5,1
Korpo brandstation	3	2,55

12.2 Flisvärme till Korpo eller Nagu

Ett alternativ för Pargas stad är att investera i flisvärme till Nagu eller Korpo. De fastigheter på Nagu som är belägna nära varandra och tillräckligt stora för ett fliskraftverk är Grannas, områdeskontoret, högstadiet och lågstadiet och en lönsamhetskalkyl för en eventuell investering presenteras i tabell 56. På Korpo kunde flisvärme vara ett alternativ i skolcentret men i Pargas stads ekonomiplan för 2019 finns redan en investeringsplan för en anskaffning av bergvärme för 95 000 €. Denna investering är i samma storleksklass som bergvärmepumparna i Skräbböle skola och Korpo stabshus vilket motsvarar en värmepump på ca. 60 kW. Med tanke på den långa återbetalningstiden för flisvärme i Korpo skolcenter som beräknats i tabell 57 är det mer fördelaktigt att investera i bergvärme och använda den befintliga oljeuppvärmningen som hjälpuppvärmning. Ifall endast fliskraftverket i Nagu byggs kan flislagret byggas mindre eftersom det i beräkningarna i tabell 56 och 57 antagits att flislagret delas för både Nagu och Korpo.

Tabell 56: Lönsamhetskalkyl för flisvärme till Nagu [72]

Grannas, Nagu områdeskontor, högstadium och lågstadium	Flisvärme 400 kW
Oljevärme	
Behövlig mängd värmeenergi	830 MWh
Oljekostnad	75 840 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Flisvärmekostnad	
Fliskostnad	25 $\frac{\text{€}}{\text{m}^3}$
Flisbehov	1 040 $\frac{\text{m}^3}{\text{år}}$
Underhåll	3 000 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Eget arbete	14 000 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Total kostnad	43 000 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Besparing	32 840 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Investeringskostnader	
Värmekraftverk inklusive installation	340 000 €
Flislager	100 000 €
Total investeringskostnad	440 000 €
Återbetalningstid	13,4 år
Återbetalningstid med 15 % investeringsstöd	11,4 år

I fastighetsgruppen på Nagu finns det potential för energi- och kostnadsbesparingar men på grund av fliskraftverkets storlek blir det behövliga investeringskapitalet stort och Grannas hör till gruppen SoTe-fastigheter så rekommendationen är att avvakta. Efter landskaps- och vårdreformen kan ett fliskraftverk jämföras med en värmepumpsinvestering.

Tabell 57: Lönsahetskalkyl för flisvärme till Korpo [72]

Korpo skolcenter	Flisvärme 250 kW
Oljevärme	
Behövlig mängd värmeenergi	471 MWh
Oljekostnad	43 000 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Flisvärmekostnad	
Fliskostnad	25 $\frac{\text{€}}{\text{m}^3}$
Flisbehov	590 $\frac{\text{m}^3}{\text{år}}$
Underhåll	3 000 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Eget arbete	8 000 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Total kostnad	25 750 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Besparing	17 250 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Investeringskostnader	
Värmekraftverk inklusive installation	235 000 €
Flislager	100 000 €
Total investeringskostnad	335 000 €
Återbetalningstid	19,4 år
Återbetalningstid med 15 % investeringsstöd	16,5 år

I Korpo skolcenter blir återbetalningstiden lång för ett fliskraftverk så en lönsamhetskalkyl för två olika investeringsalternativ i bergvärmepumpar har gjorts i tabell 58 och 59. Tabell 58 beskriver det alternativ som är inplanerat i ekonomiplanen för 2019.

Tabell 58: Lönsamhetskalkyl för bergvärmeinvestering i Korpo skolcenter, alternativ 1

Korpo skolcenter	Bergvärme 60 kW
Oljevärme	
Behövlig mängd värmeenergi	471 MWh
Oljekostnad	43 000 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Bergvärme	
Oljekostnad	24 000 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Elkostnad	6 700 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Total kostnad	30 700 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Besparing	12 300 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Investeringskostnader	
Bergvärmepump inkl. installation	110 000 €
Återbetalningstid	9 år
Återbetalningstid med 15 investeringsstöd	7,6 år

Tabell 59: Lönsamhetskalkyl för bergvärmeinvestering i Korpo skolcenter, alternativ 2

Korpo skolcenter	Bergvärme 2 x 60 kW
Oljevärme	
Behövlig mängd värmeenergi	471 MWh
Oljekostnad	43 000 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Bergvärme	
Oljekostnad	6 300 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Elkostnad	13 400 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Total kostnad	19 700 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Besparing	23 300 $\frac{\text{€}}{\text{år}}$
Investeringskostnader	
Bergvärmepump inkl. installation	220 000 €
Återbetalningstid	9,4 år
Återbetalningstid med 15 investeringsstöd	8 år

Alternativ 2 har en lite längre återbetalningstid men besparingen efter återbetalningstiden kommer vara betydligt högre så detta alternativ rekommenderas för Pargas stad.

12.3 Ersättning av oljeuppvärmning och direkt eluppvärmning

Ersättningen av oljeuppvärmning och direkt eluppvärmning i Pargas stads fastighetsmassa kunde prioriteras. I dessa fastigheter finns en stor besparingspotential, speciellt genom byte till värmepumpsteknik. I tabell 60 - 67 finns beräkningar gällande kostnader och besparingar samt åtgärdsförslag och kommentarer presenterade för Pargas alla kommunalar.

Tabell 60: Oljeuppvärmda fastigheter i Pargas kärncentrum

Fastighet	Åtgärder och kommentarer	Beräkningar
Skräbböle skola, gamla	Kunde ha installerat bergvärme i båda byggnaderna på samma gång i samband med nybygget 2016. På detta sätt kunde arbetskostnader minskats. Efter 2018 när förbrukningsdata för hela året samlats in är det lättare att dimensionera bergvärme till gamla byggnaden. Berggrundens värmepotential bör beaktas vid en utökning av bergvärmerna.	Bergvärmepump med effekt 30 kW seriekopplad till det nya systemet. Oljekostnad 2017: 10 500 € Elkostnad för värmepump: 4 800 € Årlig besparing: 5 700 € och 80 MWh
Skräbböle baracken	Fastigheten är i väldigt dåligt skick, undersök rivningsmöjlighet.	Drift- och rivningskostnad Direkt rivning: 44 000 € Rivning efter 5 år: 85 820 € Rivning efter 10 år: 127 640 €

Tabell 61: Oljeuppvärmda fastigheter i Pargas kärncentrum (forts.)

Fastighet	Åtgärder och kommentarer	Beräkningar
Sunnanbergs skola	Rivningslov har inte beviljats, bergvärme eller luft-vattenvärmepump alternativ vid restaurering. Ifall även golvet renoveras kan golvvärme tas med i planeringen. Säkringsstorlek kan behöva beaktas.	120 MWh olja 2017, oljekostnad 9 700 €. Bergvärmepump eller luft-vattenvärmepump med effekten 30 kW. Värmepumpens årliga elförbrukning: 40 MWh. Kostnad 4 800 €. Årlig besparing med låg frammatningstemperatur: Upp till 6 100 € och 90 MWh.
Nilsby nya skola	Byggd 2003. Nyare oljeuppvärmningssystem, prioriteras inte. Vid byte kunde en bergvärmepump på 45 kW vara ett bra alternativ.	-
Nilsby gamla skola	Lite verksamhet, sänk temperaturen eller låt fastigheten bli kall. Evaluera möjlighet för rivningslov.	Besparing genom temperatursänkning ca. $1000 \frac{\text{€}}{^{\circ}\text{C}}$ och $10 \frac{\text{MWh}}{^{\circ}\text{C}}$.
Solgränd	Egnahemshus med dagvårdsverksamhet. Luft-luftvärmepump som hjälpuppvärmning.	Oljekostnad per år: 2 500 €. Kostnad för värmepump inklusive installation: 2 - 3 000 €. Årlig besparing med värmepump: ca. 6 - 700 € och 12 MWh.
Peikkorinne dagem	Ny oljepanna 2007, prioriteras inte.	-

Tabell 62: Oljeuppvärmda fastigheter i Pargas kärncentrum (forts.)

Fastighet	Åtgärder och kommentarer	Beräkningar
Solgläntan	Avvakta med investeringar eftersom byggnaden är en SoTe-fastighet. Efter landskaps- och vårdreformen kan en fjärrvärmeanslutning med mindre investeringskostnad jämföras med en värmepumpsinvestering som kräver mera investeringskapital men medför högre besparingar.	Oljekostnad 2017: 22 300 € Anslutningskostnad till fjärrvärme: 10 - 15 000 €. Årlig besparing: 5 700 €, återbetalningstid 2 - 3 år. Bergvärmeinvestering: 90 000 €. Årlig besparing: 14 000 €, återbetalningstid 6 - 7 år.
Seniorstugan	Avvakta med investeringar eftersom byggnaden är en SoTe-fastighet. Efter landskaps- och vårdreformen kan en fjärrvärmeanslutning med mindre investeringskostnad jämföras med en värmepumpsinvestering som kräver mera investeringskapital men medför högre besparingar.	Oljekostnad 2017: 6 400 €. Anslutningskostnad till fjärrvärme: ca. 8 000 €. Årlig besparing: ca. 1 300 € men ingen större energibesparing utöver den högre förbrukning som oljepannans verkningsgrad medför.
Social service	Avvakta med investeringar eftersom byggnaden är en SoTe-fastighet.	-
Pargas taxistation	Fastigheten är i väldigt dåligt skick, undersök rivningsmöjlighet.	Drift- och rivningskostnad: Direkt rivning: ca. 23 000 €. Rivning efter 5 år: 41 000 €. Rivning efter 10 år: 59 000 €.
Egnahemshus 4 st	Luftvärmepumpar som hjälpuppvärmning. 126	Motsvarande besparingar som Solgränd.

Tabell 63: Oljeuppvärmda fastigheter i Nagu

Fastighet	Åtgärder och kommentarer	Beräkningar
Daghemmet karusellen	Nyare oljeuppvärmningssystem så ersättning prioriteras inte. I samband med en kommande rörrenovering i fastigheten kan förberedelser inför ett byte till värmepump tas. Fastigheten och energiförbrukningen är i lämplig storleksklass för en bergvärmepump eller luft-vattenvärmepump. Kostnader för golvvärme eller en överdimensionering av radiatorer kunde tas med i kostnadskalkyler för att säkerställa en lägre frammatningstemperatur vid övergång till värmepump.	-
Framnäs	Lite aktivitet, sänk temperaturen om möjligt.	Årlig besparing ca. 700 $\frac{\text{€}}{^\circ\text{C}}$ och 8 $\frac{\text{MWh}}{^\circ\text{C}}$.
Nagu bollhall och bibliotek	Bergvärme och byggnadens tak är bra beläget för ett hybridprojekt med solvärmepaneler där solenergi förbättrar värmepumpens verkningsgrad under kalla soliga dagar och under varma sommandagar kan överlopps värme pumpas ner i berggrunden.	Bergvärmepump med effekten 60 kW. Kostnad ca. 95 000 €. Oljekostnad 2017: 18 000 €. Årlig elkostnad för värmepump: 8 000 €. Årlig besparing: 10 000 € och 134 MWh.

Tabell 64: Oljeuppvärmda fastigheter i Korpo

Fastighet	Åtgärder och kommentarer	Beräkningar
Regnbågen	Avvakta med investeringar eftersom byggnaden är en SoTe-fastighet.	-
Korpo skolcenter	Bergvärmeprojekt med ca. 60 kW effekt medräknat i ekonomiplanen för 2019.	60 kW bergvärme räcker till för att ersätta mindre än 50 % av den befintliga oljeuppvärmningen som uppgår till 600 MWh per år. För en större investeringskostnad som leder till större besparingar under hela livslängden kunde projektet utökas till t.ex. 2 st 60 kW seriekopplade bergvärmepumpar.
Utö skola	Liten fastighet där det kunde räcka med en luft-luftvärmepump som hjälpuppvärmning.	Motsvarande besparing som för Solgränd.

Tabell 65: Oljeuppvärmda fastigheter i Iniö

Fastighet	Åtgärder och kommentarer	Beräkningar
Iniö daghem	Befintlig oljeuppvärmning endast som hjälpuppvärmning till bergvärme. Ingen åtgärd.	-
Iniö hälsobus / områdeskontor	Befintlig oljeuppvärmning endast som hjälpuppvärmning till bergvärme, ingen åtgärd. Avvakta med investeringar eftersom byggnaden är en SoTe-fastighet.	-

Tabell 66: Oljeuppvärmda fastigheter i Houtskär

Fastighet	Åtgärder och kommentarer	Beräkningar
Fridhem	Olja endast som hjälpuppvärmning till flisvärme, installera energimätare för att skilja på olje- och flisvärme. Avvakta med investeringar eftersom byggnaden är en SoTe-fastighet.	-
Houtskär idrottshall	Olja endast som hjälpuppvärmning till flisvärme. Installera energimätare för att skilja på olje- och flisvärme.	-
Träsk skola	Olja endast som hjälpuppvärmning till flisvärme. Installera energimätare för att skilja på olje- och flisvärme.	-
Lagerhall i houtskär	Förråd med lite energiförbrukning. Öppet utrymme så en luft-luftvärmepump kunde sänka behovet av olja ytterligare men det är låg prioritet. Undersök ifall temperaturen är rätt inställd i byggnaden.	Motsvarande besparing som för Solgränd
Houtskär områdeskontor	Oljeuppvärmning endast som hjälpuppvärmning till luft-vattenvärmepump, ingen åtgärd.	-

Tabell 67: Direkt eluppvärmda fastigheter

Fastighet	Åtgärder och kommentarer	Beräkningar
Kirjala daghem	Årliga elförbrukningen i fastigheten är 186 MWh och mängden kunde minska väsentligt med en bergvärmepump.	Bergvärmepump med 45 kW effekt. Elkostnad till uppvärmning 2017: ca. 16 800 €. Årlig elkostnad för bergvärmepump: 5 600 €. Årlig besparing: 11 200 € och 93 MWh.
Rikets sal	Tom byggnad, undersök möjlighet för försäljning eller rivning.	-
Nagu kommunalstuga	Lite användning så uppvärmningen kan minskas delvis eller stängas helt av. Undersök möjlighet för försäljning.	-
Houtskär daghem	Mindre fastighet där en luft-luftvärmepump kunde sköta hjälpuppvärmningen.	Motsvarande besparing som för Solgränd.

I tabell 67 med åtgärder för direkt eluppvärmda fastigheter har inte irrelevanta mindre fastigheter eller sådana fastigheter varifrån det saknas energidata beaktats.

I de fastigheter där temperatursänkning rekommenderas kan det uppstå problem ifall vattenrören fryser. Detta kan undvikas genom att tömma rören helt eller hålla en långsam konstant cirkulation av vatten i rören. Större fastighetsprojekt med investering i bergvärmepumpar som kräver mera kapital och arbete är Kirjala daghem, Sunnanbergs skola, Skräbböle skola gamla byggnaden, Korpo skolcenter samt Nagu bollhall och bibliotek. Totala årliga besparingen till följd av dessa investeringar, inklusive Korpo stabshus, uppgår till ca. 800 MWh eller ca. 4,3 % av hela fastighetsmassans energiförbrukning. Med dessa investeringar skulle redan energieffektivitetsavtalets mål på en 4 % minskning fram till 2020 vara nått.

Mindre enklare åtgärder är temperatursänkningar samt försäljning och rivning av de föreslagna fastigheterna. Luft-luftvärmepumpsinvesteringar kräver mindre investeringskapital men den medförda besparingen är inte lika stor.

12.4 Byggtekniska åtgärder

Tabell 68 sammanfattar olika byggtekniska åtgärder Pargas stad kan ta för en energieffektivare fastighetsmassa. De flesta av dessa åtgärder måste undersökas och planeras noggrannare fastighetsspecifikt innan de utförs eftersom situationen och utgångsläget kan variera mycket mellan fastigheter.

Tabell 68: Sammanfattning av byggtekniska åtgärder

Fastighet	Åtgärder och kommentarer	Beräkningar
Pargas brandstation	Värmeåtervinning av frånluften.	Värmebesparingen genom värmeåtervinning i Pargas stadshus har i diplomarbetet beräknats till ca. 30 %. Med denna andel kan årliga energibesparingen i Pargas brandstation approximeras till ca. 7 700 € och 110 MWh.
Allmänt, ventilation	Pargas stad rekommenderas besluta om risken för fastighetsskador och hälsoproblem är värd den energibesparing som ventilationens avstängning under nätter och veckoslut ger upphov till. Evaluera möjligheten att köra systemen periodvis under nätter och veckoslut. Några timmar på halv effekt följt av några timmar avstängt.	Lätt åtgärd men medför inga energibesparingar. Genom att installera modernare ventilationssystem med frekvensomvandlare kan ventilationseffekten bättre ställas in enligt behovet och besparingar kan uppnås.
Allmänt, belysning	I samband med renoveringar och i takt med att äldre belysningsarmatur går sönder rekommenderas Pargas stad gå över till LED- och lysrörsteknik.	Lätt åtgärd men mindre energibesparingar eftersom Pargas stad redan använder mycket lysrörsteknik.
Allmänt, belysning	Rörelsedetektorer och automation i samband med ny belysningsteknik.	Medför större besparingar genom att belysningen minskas eller stängs av helt under vissa tidpunkter.

Tabell 69: Sammanfattning av byggtekniska åtgärder (forts.)

Fastighet	Åtgärder och kommentarer	Beräkningar
Allmänt, utrymmeskostnad	Pargas stad kunde med fördel organisera om de fastigheter för kontorsarbete så personal jobbar t.ex. hemifrån någon dag under veckan och då kunde ventilation, uppvärming, kylning och belysning fokuseras till de utrymmen som är i användning.	-
Renoveringar och nybyggen	Pargas stad rekommenderas jämföra de alternativ på fönster och isolering som uppfyller byggnadsförordningens krav med mer energieffektiva alternativ över hela byggnadens livslängd.	Se figur 18 i kapitel 4.5

12.5 Fastighetsautomationens utveckling

Åtgärder inom Pargas stads fastighetsautomation sammanfattas i tabell 70. För en fortsatt utveckling av fastighetsautomationen till en sådan nivå att den även klarar av framtida utmaningar som efterfrågefleksibilitet och kapacitetsavgifter krävs ett fortsatt gott samarbete med Schneider Electric.

Tabell 70: Sammanfattning av föreslagna utvecklingsåtgärder inom fastighetsautomationen

Åtgärd	Kommentar
Förberedelse inför Hinku med hjälp av data över fastighetsmassans koldioxidutsläpp.	Schneider Electric har möjlighet att beräkna och inkludera koldioxidutsläpp i månatliga energirapporterna.
Förbättringsförslag av Schneider på årsbasis.	Utöka samarbetet med Schneider så de rapporterar fastighetsspecifika förbättringsförslag i sådana fastigheter som presterar sämre energimässigt.
Utred vad som betalas till Schneider Electric.	Pargas stad rekommenderas utreda vilka tjänster det betalas för och hur mycket för att sedan evaluera lönsamheten. Dessutom borde sparmål och avtal ses över och uppdateras.
I samband med nya investeringar och renoveringar kan fastighetsautomationen utvecklas och utökas.	I Pargas stads skärgårdsdelar är det viktigt att fastighetsautomationen fungerar ordentligt så behövlig jour kan minskas.
Öppna diskussion med Schneider om vilka tjänster de kan erbjuda när efterfrågefleksibilitet blir mer relevant.	-

12.6 Fastighetsanvändares roll vid energiförbrukning

Fastighetsanvändare har en signifikant roll i hur stor en fastighets energiförbrukning är. I tabell 71 har åtgärder sammanfattats för att engagera användare och utbilda personal i Pargas stads fastigheter om hur energi kan sparas.

Tabell 71: Sammanfattning av åtgärder som fastighetsanvändare kan ta för att förbättra energianvändningen

Åtgärd	Kommentar
Större skolprojekt eller skoltävling med en minskning av energiförbrukningen som mål. För att engagera elever kunde en del av den besparade energikostnaden gå direkt till elevkåren för valfri användning.	Kostnadsmässigt kan detta vara ett bra alternativ att minska på energiförbrukningen i Pargas stads skolor och utbilda elever i energieffektivitet. Kräver energiuppföljningsskärmar eller övrig liknande rapportering samt en del arbete av Pargas stads anställda och skolornas personal.
Stängning av datorer och belysning under möten, kvällar och nätter. Övergång till endast bärbara datorer istället för stationära datorer.	Pargas stad rekommenderas sträva till att datorer i kontorsutrymmen stängs av eller läggs i sömnläge under perioder de inte kommer användas på över två timmar. Belysning kan alltid stängas under de tidpunkter när ingen vistas i utrymmet.
Mer effektiv användning av persienner och gardiner.	Sommar: Persienner och gardiner bör hållas stängda under de tidpunkter när solen skiner direkt på fönstret och öppnas till kvällar och nätter för att undvika överuppvärmning av fastigheten. Vinter: Persienner och gardiner kan hållas öppna så mycket som möjligt under dagen när solen skiner men till nätter och kvällar när personalen går hem kan de stängas för att lagra värmen bättre i fastigheten. Lätt åtgärd som kan ha en inverkan på energifakturan.

12.7 Förberedelse inför kommande utmaningar och möjligheter

Energimarknaden utvecklas hela tiden och enligt prognoser kommer efterfrågefleksibilitet bli allt mer väsentligt hos energikonsumenten. Utvecklingen och övergången till elbilar medför en större belastning på elnätverk ifall alla bilar ska laddas under samma tidpunkter av dygnet men de medför även en möjlighet för större flexibilitet i elnätverken tack vare den

inbyggda lagringskapaciteten. De fastigheter som berörs av landskaps- och vårdreformen är svåra investeringsmål eftersom deras framtidsutsikt ännu är oklar. Föreslagna åtgärder och förberedelser inom dessa områden har sammanställts i tabell 72 och 73.

Tabell 72: Sammanställning av åtgärder och förberedelser inför kommande utmaningar och möjligheter

Åtgärd	Kommentar
Avvakta med SoTe-fastigheter tills uthyrningsperioden är över eller tills det finns en klar plan för fastigheten efter landskaps- och vårdreformen.	Att investera i fastigheter som berörs av landskaps- och vårdreformen är en stor risk i nuläget och Pargas stad rekommenderas vänta med dessa fastigheter, speciellt fastigheter där större investeringar som byte av uppvärmningssystem planeras.
Förberedelse inför övergång till laddhybrider. Evaluera möjligheten för användning av elcyklar och kända istället för bilar vid hemvården.	Pargas stad rekommenderas följa med elbilsmarknaden tills det lanseras en laddhybrid i bättre storleksklass för hemvården. Laddhybrider kan laddas med hjälp av vanliga eluttag men åtminstone en snabbladdningsstation rekommenderas i Pargas kärncentrum. Vid utveckling av parkeringsplatser kan övergången till laddningsbara hybridbilar tas med i planeringen. Hemvården i Pargas kärncentrum kunde ta i bruk ett antal elcyklar för användning vid kortare körsträckor vilket skulle minska på fordonsparkens nuvarande storlek.

Tabell 73: Sammanställning av åtgärder och förberedelser inför kommande utmaningar och möjligheter (forts.)

Åtgärd	Kommentar
Följa med utvecklingen vid Qvidja Kraft. Ta i bruk ett fordon som körs med biogas när påfyllningsmöjlighet finns vid Qvidja gård.	Ifall metoden för biogasproduktion vid Qvidja Kraft visar sig vara lönsam och effektiv i större skala kunde det vara ett bra alternativ för Pargas stad. Biogas kan användas som energikälla, fordonsbränsle och som lagring av energi från förnyelsebara energikällor.
Förberedelse inför efterfrågefleksibilitet och mer förekommande kapacitetsavgifter. Med nuvarande kostnader och tekniker finns det inga lönsamma åtgärder för att minska på fastigheternas kapacitetsavgifter.	När energilagringstekniker börjar produceras i större skala och kostnader sjunker kan Pargas stad utreda investeringsmöjligheter i dessa tekniker i samband med anskaffning av tekniker som använder förnybara energikällor. I nuläget betalas för effektöverföring månadsvis en avgift på 3 - 5 $\frac{\text{€}}{\text{kW}}$ för en fastighets högsta timvisa eleffektanvändning den månaden.

13 Sammanfattning

Pargas stad äger en fastighetsmassa med en stor andel äldre byggnader som presterar energimässigt dåligt vilket medför extra energikostnader för staden varje år. Dessutom har utredningar visat att stadens servicebyggnader är ineffektiva utrymmesmässigt jämfört med servicebyggnader i andra kommuner och städer i Finland. Flera fastigheter uppvärms fortfarande med fossila bränslen, främst olja, vilket skapar en belastning på omgivning och miljö i form av skadliga utsläpp. Till följd av dessa orsaker och en stram budget har detta diplomarbete initierats av Pargas stad med målen att kunna prioritera investeringar bättre och på det sättet förbättra situationen genom nya tekniska lösningar. Konkreta mål för Pargas stad är en minskning av energiförbrukningen med 7,5 % fram till 2025 och en minskning av

elförbrukningen med 2 % per år.

Ur den gjorda energikartläggningen framgick att 52 % av värmeenergiförbrukningen i Pargas stads fastighetsmassa är fjärrvärme, 38 % är oljevärme, 6 % bergvärme och 4 % direkt elvärme. Tack vare Pargas stads utvecklade fjärrvärmenätverk i Pargas kärncentrum är utgångsläget relativt bra men andelen oljeuppvärmning kunde fortfarande minskas avsevärt. Ett av de bästa alternativen för Pargas stad att minska på denna andel är övergången till jord- berg eller luftvärme. Pargas stads bergvärmeinvesteringar i totalt 10 fastigheter har varit lyckade och i t.ex. Korpo stabshus har energikostnaderna för uppvärmningen mer än halverats efter att oljeuppvärmningen ersattes med en bergvärmepump. Överlag har Pargas stads bergvärmeuppvärmda fastigheter en 46 % lägre energiförbrukning per bruttoarea än medeltalet vilket är väldigt positivt. Det som kan beaktas vid framtida värmepumpsinvesteringar är en bättre integration av värmepumpens uppföljnings- och styrfunktioner i de befintliga automationssystemen och signifikansen vid val av distributionssystem för värmen. Golvvärme jämfört med radiatorsystem möjliggör en högre verkningsgrad för värmepumpen på ca. 25 - 30 % tack vare den lägre frammatningstemperaturen som krävs med golvvärme.

Behandlingen av byggtekniska lösningar visade att fönsterinvesteringar och tilläggsvärmeisoleringar inte kan motiveras endast ekonomimässigt på grund av den höga kostnaden jämfört med energibesparingen. Däremot rekommenderas Pargas stad noggrant vid renoveringar och nybyggen jämföra hela livslängdskostnader mellan de lösningar som uppfyller byggnadskraven och de lösningar som är mer energieffektiva men som kostar mera. Försäljning och rivning av fastigheter som presterar energimässigt dåligt är ett alternativ för Pargas stad att minska på fastighetsmassan och därmed direkt minska på energikostnader. För att undvika extra drift- och underhållskostnader under åren visade sig en direkt försäljning eller rivning av fastigheten vara att föredra. Ifall inte läget tillåter att fastigheten säljs eller rivs kan möjligheten om en temperatursänkning i fastigheten undersökas. Redan en temperatursänkning på några grader kan medföra årliga besparingar av uppvärmningskostnader på flera tusen euro, speciellt i de fastigheter som behandlades i kapitel 4.3 är detta ett alternativ.

Den maskinella ventilationen i flera av Pargas stads fastigheter är svår att optimera. Flera av de äldre systemen tillåter endast två olika effekialternativ, full och halv effekt vilket leder till en balansfråga där energiförbrukningen ställs mot luftkvaliteten. I flera fastigheter har energiförbrukningen minskat rejält till följd av att ventilationssystem helt stängs av till nätter och veckoslut men de kostnader dessa avstängningar kan leda till i framtiden i form av fukt- och inomhusluftproblem är svåra att förutspå. I dessa fall kunde ventilationen köras periodvis under nätter och veckoslut. Värmeåtervinning av ventilationens frånluft har en

betydande ekonomisk roll i större fastigheter och Pargas brandstation samt Fridhem är två fastigheter där en investering i värmeåtervinning rekommenderas. Ventilation och belysning är två områden som kan förbättras genom automationsmöjligheter. Speciellt LED-teknik kan sammankopplas med automationsteknik som t.ex. rörelsedetektorer för att minska på eller helt stänga av belysningen under de tidpunkter ingen vistas i byggnadsutrymmet. Utan automationsteknik är det på fastighetsanvändarnas ansvar att belysningen inte används i onödan. LED-teknik och energieffektiva lysrör är den belysningsarmatur som är mest lönsam för Pargas stad att investera i vid förnyandet av fastighetsbelysning.

Alternativa energikällor som behandlats i detta arbete är fjärrvärme, solenergi, värmepumpar, vindenergi och bioenergi. Vindenergi ansågs inte vara ett praktiskt alternativ för Pargas stad i nuläget på grund av stränga lovprocesser i samband med byggandet och en slopning av tariffsystemet för vindenergiproducenter. Bioenergi och biogas är goda alternativ för uppvärmning, fordonsbränsle eller energilagring men lokal småskalig insamling och behandling av biomassa är inte ekonomiskt lönsamt. Pargas stad rekommenderas ändå följa med utvecklingen vid Qvidja Kraft ifall metoden för biogasproduktion visar sig fungera på en större skala. Dessutom kan Pargas stad ta i bruk en biogasbil när gaspåfyllnad möjliggörs vid Qvidja. De tre övriga behandlade energiteknikerna, fjärrvärme, solenergi och värmepumpar, visade sig alla vara lönsamma vid värme- och elproduktion. Pargas fjärrvärme har inte mycket utvecklingspotential kvar inom Pargas kärncentrum utan en övergång till andra energitjänster kunde vara ett alternativ. Kostnaden för både solvärme- och solcellssystem har sjunkit kraftigt under de senaste tio åren vilket har gjort värme- och elproduktionen av solenergi lönsam, speciellt med en möjlighet till investeringsstöd på 20 - 25 % för kommuner. De redan monterade solcellssystemen på taken av Pargas stadshus och Nagu områdeskontor har en återbetalningstid på 10 respektive 13 år och efter återbetalningstiden antas de fortfarande producera el motsvarande en kostnad på 45 500 €. Värmepumpar är den mest lämpliga tekniken för ersättning av oljeuppvärmning och uppvärmning med direkt el. Investeringar i dessa förutsätter god planering och rätt inställning av driftparametrar för optimal energiproduktion men dessa tekniker kan även minska på behovet av inköpt energi med upp till 70 %.

Av finansieringsmodeller för upphandling av dessa tekniker behandlades i detta arbete nycklarna i handen, leasingavtal, PPA och gemensamma kommunupphandlingar. De existerande solcellssystemen köptes med nycklarna i handen principen vilket är en fungerande metod för mindre anskaffningar men vid större investeringar blir det behövliga kapitalet stort. Leasingavtal och PPA är bra alternativ för Pargas stad och en rekommendation är att staden går

in för ett större solenergiprojekt som finansieras enligt någon av dessa modeller. Då minskar både den ekonomiska risken och produktionsrisken eftersom staden endast betalar en överenskommen summa för den producerade elen. Pargas stad rekommenderas också fortsätta leasa den nuvarande fordonsparken tills det kommer fler alternativ av mindre laddhybrider till marknaden, i vilket skede ett byte till denna teknik kan ske. Upphandlingsförfarandet vid energiinvesteringar kan ske energieffektivt med hjälp av god planering. Vid investeringar som förbättrar energieffektiviteten i en fastighet är det lönsamt att ställa krav på hela livslängdskostnader vid konkurrensutsättningen istället för att endast utgå från lägsta anskaffningspris.

Eftersom Pargas stad köper el producerad med 100 % förnybara energikällor medför elanvändningen i fastighetsmassan minimala koldioxidutsläpp. Trots detta är det ekonomiskt lönsamt att minska så mycket som möjligt på elanvändningen på grund av konstant stigande elavgifter. Pargas stad rekommenderas i nuläget fokusera på en minskning av elförbrukningen främst genom investering i solenergi och genom utbildning till fastighetsanvändare om sparsam elanvändning. Speciellt i stadens skolor kunde ett energibesparingsprojekt påbörjas i samband med personal och elever. I framtiden kommer efterfrågeflexibilitet och utjämning av kapacitetstoppar med stor sannolikhet vara allt viktigare men lagringsmöjligheter som möjliggör detta är inte ekonomiskt lönsamma ännu. Pargas stad kan ändå med fördel förbereda sig inom dessa områden genom att t.ex. öppna en diskussion med Schneider Electric som ansvarar för fastighetsautomationen.

De fastigheter i fastighetsmassan som berörs av den kommande landskaps- och vårdreformen uppgår till 27 % sett till bruttoarea. Eftersom det finns en risk att landskapet efter treårsuthyrningen väljer de fastigheter som är i bäst skick kan de sämre fastigheterna återgå till kommunen utan användningsändamål. På grund av detta rekommenderas inte Pargas stad utföra större renoveringar eller investeringar i dessa fastigheter ifall det inte finns en klar plan på alternativa användningsändamål för fastigheten efter uthyrningen.

Referenser

- [1] O. Andersson, ”*The ATES Project at Stockholm Arlanda Airport - Technical Design and Environmental Assessment*”, Malmö: SWECO Environment Ab.
- [2] Andningsförbundet, 2016, ”*Guide om ventilation*”, Tryck: Edita.
- [3] Arbets- och näringsministeriet, 2016, ”*Energiatthokkuus julkisissa hankinnoissa*”.
- [4] K. Auvinen, 2015, ”*Rahoitusmallit aurinkoenergiainvestoinneille*”, FinSolar, URL: <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/kuntien-aurinkoenergian-hankinta-ja-rahoitusmallit/> (hämtad 11.09.2018)
- [5] K. Auvinen, 2016, ”*Aurinkolämpöjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus*”, FinSolar, URL: <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/aurinkolampojarjestelmien-hintatasot-ja-kannattavuus-suomessa/> (hämtad 10.09.2018).
- [6] K. Auvinen och M. Jalas, 2017, ”*Aurinkosähköjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus*”, FinSolar, URL: <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/aurinkosahkon-hinnat-ja-kannattavuus/> (hämtad 10.09.2018).
- [7] Bosch, ”*Maalämpöpumpun ostajan opas*”.
- [8] J. Bartram m.fl., 2007, ”*Legionella and the prevention of legionellosis*”, Geneva: World Health Organization.
- [9] M. Bragge, 2017, ”*Ilmanvaihdon talteenottojärjestelmät, Case: Valolinna, Heinola*”, Lahden ammattikorkeakoulu.
- [10] O. Bremer m.fl., 2017, ”*Kysyntäjousto kuluttajan näkökulmasta*”, Demos Helsinki.
- [11] Business Finland, ”*Energiatuki*”, URL: <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/pk-ja-midcap-yritys/energiatuki/> (hämtad 10.09.2018).
- [12] A. Brown och A. Eisentraut, 2014, ”*Heating without global warming*”, IEA.
- [13] A. Bäckman, 2014, ”*Bioenergiutredning - Teknik och lönsamhet samt tillgång till biomassa för värme- och kraftvärmeproduktion i Pargas stads skärgårdsdelar*”, EETU.

- [14] Caruna, 2018, "*Verkkopalveluhinnasto 1.7.2018*".
- [15] Caruna, 2018, "*Sähkölittymän hinta*", URL: <https://www.caruna.fi/palvelut/tuotteet-ja-hinnat> (hämtad 10.05.2018)
- [16] Department of Energy, "*Furnaces and boilers*", URL: <https://www.energy.gov/energysaver/home-heating-systems/furnaces-and-boilers> (hämtad 10.09.2018).
- [17] J. Enckell, 2018, "*Paraisten kaupungin kiinteistöjen energiasäästämahdollisuudet - Pienten julkisten tilojen energiansäästämahdollisuudet*".
- [18] Energimyndigheten, "*Sähkön hintatilastot*", URL: <https://www.energiavirasto.fi/sv/sahkon-hintatilastot> (hämtad 11.09.2018).
- [19] Energimyndigheten, Motiva, 2017, "*Säästövaikutusten laskenta ja dokumentointi - Yleisiä pelisääntöjä*", Energiategohkuussopimukset 2017 - 2025.
- [20] Engineering ToolBox, 2003, "*Heat Loss from Buildings*", URL: https://www.engineeringtoolbox.com/heat-loss-buildings-d_113.html (hämtad 10.09.2018).
- [21] Ensto, 2011, "*Sisävalaistusstandardi SFS-EN 12464-1-2011*", URL: <https://www.ensto.com/fi/tuki/suunnittelutyokalut/valaistusopas/sisavaalaistusstandardi-sfs-en-12464-1-2011/> (hämtad 10.09.2018).
- [22] Finlex, 2016, "*Lag om offentlig upphandling och koncession*", URL: <https://www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/2016/20161397> (hämtad 11.09.2018).
- [23] Finsk energiindustri, "*Aurinkosähkö*", URL: https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto/aurinkovoima (hämtad 10.09.2018).
- [24] Finsk energiindustri, "*Kaukolämmön tuotanto*", URL: https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/kaukolammon_tuotanto (hämtad 10.09.2018).
- [25] K. Hemmilä, 2000, "*Ikkunan lisälämmöneristäminen sälekaihtimilla*", VTT Rakennustekniikka.
- [26] K. Hemmilä, E. Nykänen och T. Ojanen, 2017, "*Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa - Opas*", VTT Oy.

- [27] International Renewable Energy Agency, 2018, "*Renewable power generation costs in 2017 - Key findings and executive summary*".
- [28] H. Isoniemi, 2009, "*Länsi Turunmaan tilatehokkuus ja kiinteistövarallisuuden luokitus*", Trellum Consulting Oy.
- [29] H. Jokela, 2016, "*Poistoilman LTO:n tuottama energiansäästö*", Mikkelin ammattikorkeakoulu.
- [30] Justitieministeriet, 2013, "*Bestämning av den totala energiförbrukningen (E-talet) i energicertifikatet*", Lag om energicertifikat för byggnader, Bilaga 1.
- [31] I. Kaikkonen, 2017, "*Ikkunoiden energiatalous*", Kajaanin ammattikorkeakoulu.
- [32] P. Kalliomäki och K. Tiilikainen, 2017, "*Statsrådets förordning om de numeriska värdena på energiformsfaktorerna för byggnader*", URL: <https://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2017/20170788> (hämtad 07.09.2018)
- [33] P. Kosonen, 2016, "*Aurinkoenergian hyödynnettävyys - Selvitys*", Schneider Electric Oy.
- [34] Kuntahankinnat, URL: <https://kuntahankinnat.fi/sv> (hämtad 11.09.2018).
- [35] Kuntaliitto, 2017, "*Mitä tapahtuu kuntien sote-kiinteistöille?*", URL: https://www.kuntaliitto.fi/sites/default/files/media/file/Liite%206_TuomasMaatta-Mita-tapahtuu-kuntien-sotekiinteistoille.pdf (hämtad 13.09.2018).
- [36] Lampputieto, "*Lampputyypit*", Motiva, URL: <https://lampputieto.fi/lampun-valinta/alasivu/> (hämtad 10.09.2018).
- [37] Landskaps- och vårdreformen, URL: <https://alueuudistus.fi/sv/framsida> (hämtad 13.09.2018).
- [38] J. Lehtomaa, H-L. Kangas, 2015, "*Kunnat ilmastokriisin ratkaisijoina*", Helsingfors: WWF.
- [39] LämpöYkkönen, 2017, "*Lämmitysjärjestelmävertailu – maalämpöpumppu vai ilma-vesilämpöpumppu?*", URL: <https://lampoykkonen.fi/100faktaa/fakta-86-lammitysjarjestelmavertailu-maalampopumppu-vai-ilma-vesilampopumppu/> (hämtad 01.10.2018)

- [40] Meteorologiska institutet, ”Graddagar”, URL: <https://sv.ilmatieteenlaitos.fi/graddagar> (hämtad 10.09.2018).
- [41] Meteorologiska institutet, ”Lämpötila- ja sadetilastoja vuodesta 1961”, URL: <https://ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961> (hämtad 10.09.2018).
- [42] Metsäkeskukset, 2008, ”Maatilan hakelämmitysopas”. Tampere: Hämeen Offset Tiimi Oy.
- [43] Miljöministeriet, 2014, ”Ikkunoiden ja ovien korjaus- ja muutoshankkeiden ohjeistus”.
- [44] Miljöministeriet, 2017, ”Miljöministeriets förordning om inomhusklimat och ventilation i nya byggnader”.
- [45] Motiva, 2016, ”Aurinkokeräinten hyötysuhteet”, URL: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/aurinkokeräinten_hyötysuhteet (hämtad 10.09.2018).
- [46] Motiva, 2018, ”Aurinkosähkö”, URL: <https://www.motiva.fi/aurinkosahko> (hämtad 10.09.2018).
- [47] Motiva, 2016, ”Ikkunoiden energialuokitusmerkki”, URL: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/ikkunoiden_energialuokitus/ikkunoiden_energialuokitusmerkki (hämtad 10.09.2018).
- [48] Motiva, 2018, ”Ilmalämpöpumppu tukilämmityslahteenä”, URL: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilmalampopumppu_tukilammityslahteena (hämtad 11.09.2018).
- [49] Motiva, 2018, ”Ilma-vesilämpöpumppu”, URL: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu (hämtad 11.09.2018).
- [50] Motiva, ”Kiinteistön energiatehokkaat sähkötekniset ratkaisut”.
- [51] Motiva, 2018, ”Lämpöpumput”, URL: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput (hämtad 11.09.2018).
- [52] Motiva, 2018, ”Maalämpöpumput”, URL: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/maalampopumppu (hämtad 11.09.2018).

- [53] Motiva, ”*Tutkittua säästää ilma-vesilämpöpumpulla*”, URL: https://www.energiatehokaskoti.fi/files/384/Tutkittua_saastoa_ilma-vesilampopumpulla.pdf (hämtad 11.09.2018).
- [54] Motiva, 2018, ”*Tuulivoima*”, URL: <https://www.motiva.fi/tuulivoima> (hämtad 11.09.2018).
- [55] Motiva, 2018, ”*Poistoilmalämpöpumppu*”, URL: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/poistoilmalampopumppu (hämtad 11.09.2018).
- [56] Motiva, 2018, ”*Viilennystavat lämpöpumppujärjestelmissä*”, URL: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumppujen_hankintaopas_kunnille_ja_taloyhtioille/viilennystavat_lampopumppujarjestelmissa (hämtad 11.09.2018).
- [57] Motiva, 2017, ”*Öljylämmitys*”, URL: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/oljylammitys (hämtad 11.09.2018).
- [58] Mynewsdesk, ”*Kyotopyramiden*”, URL: <http://www.mynewsdesk.com/se/swedisol/images/kyotopyramiden-30417> (hämtad 03.10.2018)
- [59] NIBE, ”*Maalämpöpumput*”, URL: <https://www.nibe.fi/tuotteet/maalampopumput/> (hämtad 11.09.2018).
- [60] J. Nieminen m.fl., 2013, ”*Kosteusteknisesti toimivia korjausrakentamisen periaateratkaisuja*”, Esbo: VTT.
- [61] J. Nieminen och J. Virta, 2016, ”*Rakennusten lisälämmöneristäminen*”, Kiinteistöalan kustannus Oy, Tryck: Hansaprint Oy.
- [62] N-O. Nylund, 2011, ”*Sähköautojen tulevaisuus Suomessa. Sähköautot liikenne- ja ilmastopolitiikan näkökulmasta*”, Trafik- och kommunikationsministeriet.
- [63] Pargas Fjärrvärme Ab, ”*Årsberättelse 2012 - 2016*”.
- [64] E. Pihlakivi, 2015, ”*Potential of solar energy in Finland*”, Turku University of Applied Sciences.

- [65] Polarpumpen, 2016, ”*Så fungerar en värmepump*”, URL: <https://www.polarpumpen.se/blogg/sa-fungerar-en-varmepump/> (hämtad 11.09.2018).
- [66] P. Pylsy och J. Virta, 2011, ”*Taloyhtiön energiakirja*”, AS Printall.
- [67] Qvidja Kraft, URL: <http://www.qvidjakraft.fi/en/qvidja-kraft/> (hämtad 11.09.2018).
- [68] Rakentaja, 2014, ”*Maalämpöä saa myös vesistöistä*”, URL: <https://www.rakentaja.fi/artikkelit/11897/maalampoa-vesistosta-stiebel-eltron.htm> (hämtad 11.09.2018).
- [69] Rapal Oy, ”*Optimize workplace review - Global workplace insights 2018*”, 03.2018.
- [70] M. Rautkivi, 2018, ”*Markkinaehtoisesti kilpailukykyisen tuulivoiman vaikutukset Suomessa*”, Wärtsilä.
- [71] Reuters, 2018, ”*EU set to end Chinese solar panel import controls in September*”, URL: <https://www.reuters.com/article/us-eu-china-solar/eu-set-to-end-chinese-solar-panel-import-controls-in-september-idUSKCN1L9ORF> (hämtad 11.09.2018).
- [72] E. Salovaara, 2015, ”*Lämmitystapaselvitys Paraisten kaupunki*”, Enegia.
- [73] H. Saxén, 2017, ”*New Energy Technologies*”, Åbo Akademi, kurssmaterial.
- [74] Solpros, 2006, ”*Aurinkolämpöjärjestelmien perusteet, mitoitus ja käyttö*”.
- [75] M. Spörk-Dür och W. Weiss, 2018, ”*Solar Heat Worldwide*”, IEA Solar Heating and Cooling Programme.
- [76] Suomen lämpöpumppuyhdistys, ”*Lämpöpumput*”, URL: <https://www.sulpu.fi/lampopumput> (hämtad 11.09.2018).
- [77] Suomen Ympäristökeskus, 2018, ”*Kohti hiilineutraalia kuntaa (Hinku)*”, URL: <http://www.syke.fi/hankkeet/hinku> (hämtad 07.09.2018).
- [78] Svensk Ventilation, ”*Olika sätt att ventiler*”, URL: <http://www.svenskventilation.se/ventilation/olika-satt-att-ventilera/> (hämtad 10.09.2018).
- [79] Swedavia Airports, ”*Stockholm Arlanda Airport - Akvifären*”, URL: <https://www.swedavia.se/arlanda/miljo/akvifaren/#gref> (hämtad 11.09.2018).

- [80] Sähköturvallisuuden edistämiskeskus Oy, ”*Valonlähteet*”, URL: <https://stek.fi/energiatehokkuutta-sahkolla/valaistus/valonlahteet/> (hämtad 10.09.2018).
- [81] Topway, ”*Topway - Maakylmä*”, URL: <https://topwaymaakylma.fi/maakylma/> (hämtad 11.09.2018).
- [82] Työterveyslaitos, ”*Toimisto- ja tietotyö*”, URL: <https://www.ttl.fi/tyontekija/tuki-liikuntaelinten-terveys/ergonomia/toimisto-ja-tietotyö/> (hämtad 10.09.2018).
- [83] Upphandling, 2018, ”*Tröskelvärden*”, URL: <https://www.upphandling.fi/offentlig-upphandling/troskelvarden> (hämtad 11.09.2018).
- [84] U.S Energy Information Administration, 2018, ”*Renewable Energy Explained*”, URL: https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=renewable_home (hämtad 27.09.2018).
- [85] VTT, 2018, ”*Älykäs valaistus tuo huvia ja hyötyä kaupunkilaisille - energiansäästö tutkitusti jopa yli 50 %*”, URL: <https://www.vtt.fi/medialle/uutiset/%C3%A4lyk%C3%A4s-valaistus-tuo-huvia-ja-hy%C3%B6ty%C3%A4-kaupunkilaisille> (hämtad 10.09.2018).
- [86] D. Weisser, ”*A guide to life-cycle greenhouse gas (GHG) emissions from electric supply technologies*”, Wien: PESS / IAEA.
- [87] Ölly ja bio polttoaineala, ”*Öljytuotteiden kuluttajahintaseuranta*”, URL: <http://www.oil.fi/fi/tilastot-1-hinnat-ja-verot/11-oljytuotteiden-kuluttajahintaseuranta> (hämtad 10.09.2018).

Bilagor

A. Mötesutlåtande

81

Utlåtande om principer vid energieffektivisering av Pargas stads fastighetsmassa

688/10.03.02/2018

Stadsstyrelsens sektion för tekniska stödtjänster

Beredare

Föredragande

Diplomarbetare Robin Lundqvist

Teknisk chef Ted Bergman, tfn 050 428 3745

fornamn.efternamn@pargas.fi

Pargas stadsfullmäktige beslutade i maj 2018 att Pargas stad ansluter sig till Kommunsektorns energieffektiveringsavtal 2017–2025. Avtalets målsättning för kommuner är en minskning av energiförbrukningen med 4 % fram till år 2020 och 7,5 % fram till år 2025. För att uppnå målsättningen och effektivisera Pargas stads fastighetsmassas energiförbrukning krävs en prioritering av investeringar och en handlingsplan med riktlinjer för utvecklingen.

Den kommande landskaps- och vårdreformen berör 27 % av Pargas stads fastigheter vilket medför en fastighetsrisk efter uthyrningsperioden. På grund av denna risk borde endast nödvändiga investeringar och renoveringar riktas till dessa fastigheter.

Pargas stads fastighetsmassa uppvärms enligt fördelningen fjärrvärme (52 %), olja (38 %), bergvärme (6 %) och direkt el + övriga (4 %). Totalt 10 fastigheter är uppvärmda med bergvärmepumpar och senast i slutet av 2017 ersattes oljeuppvärmningen i Korpo stabshus med en bergvärmepump. Januari–maj år 2018 har den inköpta värmeenergin i stabshuset minskat med över 60 % vilket medfört en besparing på ca 5 000 € i energikostnader och minskade koldioxidutsläpp på över 29 ton. Vid ersättning av oljeuppvärmning eller direkt el uppvärmning med olika teknikers värmepumpar minskar det inköpta energibehovet i regel med åtminstone 50 % beroende på värmepumpens verkningsgrad. Verkningsgraden förbättras vid lägre frammatningstemperatur som förutsätter en utökning av radiatorytan eller en övergång till golv- eller takvärme.

Fastigheter i byggtekniskt dåligt skick är en belastning kostnadsmässigt för staden och vid långvariga beslut om försäljning eller rivning av fastigheter blir kumulativa drift- och underhållskostnader stora. (Som exempel kan Skräbböle baracken tas där totala drift- och rivningskostnaden redan fördubblas ifall fastigheten potentiellt skulle rivas efter 5 år jämfört med en direkt rivning.) Under fastigheters försäljningsprocesser är det lönsamt att minska på fastighetens uppvärmning, likaså gäller även för fastigheter med otillräckliga användningsändamål.

PPA som står för Power Purchase Agreement är en finansieringsmodell som med fördel kan användas av en kommun för att realisera större investeringar som

annars skulle kräva ett stort ekonomiskt kapital. År 2017/2018 tog Hangö stad i bruk denna modell för att hyra ut 9 av stadens tak till en leverantör som monterade solpaneler på taken och producerar el som staden köper till ett pris som motsvarar elens marknadspris. Leverantören kan erhålla ett statligt investeringsstöd på 25 % för solpanelsinvesteringen vilket leder till att investeringen återbetalas kontinuerligt i samband med stadens uppköp av elenergi. Efter att solpanelsinvesteringen, inklusive en förhandsbestämd ränta, återbetalats övergår panelerna till stadens ägo. Med denna modell överförs produktions- och underhållsrisker från staden till leverantören eftersom det uppbärs en kostnad endast för den producerade mängden el. Dessutom krävs det inget investeringskapital utöver elkostnaden. Med en liknande metod kunde Pargas stad utöka solenergi kapaciteten kostnadseffektivt och satsa mer kapital på ersättning av oljeuppvärmningen. De risker som en dylik modell medför Pargas stad är renovering av fastigheternas tak efter att solpanelerna monterats och en risk för att fastigheten blir utan användning och panelerna måste flyttas.

Principer vid energiinvesteringar riktade till Pargas stads fastighetsmassa:

- Avvakta med energieffektiveringsinvesteringar i fastigheter som berörs av landskaps- och vårdreformen p.g.a. höga investeringsrisker.
- Avvakta med energiinvesteringar i fastigheter kopplade till fjärrvärmenätverket och prioritera ersättning av oljeuppvärmning.
- När värmesystemet förnyas i större fastigheter (> 300 m²) med befintlig vattenburen oljeuppvärmning eller direkt el uppvärmning prioriteras bergvärmepumpar med extra vikt på låg frammatningstemperatur och total livslängdskostnad. I de fall bergvärme inte är tekniskt möjligt ersätts det befintliga uppvärmningssystemet med luft-vattenvärmepumpar.
- I mindre fastigheter (< 300 m²) med befintlig oljeuppvärmning eller direkt el uppvärmning prioriteras luft-luftvärmepumpar som hjälpuppvärmning.
- I fastigheter med lite eller ingen användning eller om fastigheten är i väldigt dåligt skick med hög energiförbrukning prioriteras försäljning eller rivning av fastigheten. I andra hand sänks temperaturen till 10 °C. I fastigheter utan användningsändamål där en partiell värmeminskning inte är möjlig kan värmen stängas av fullständigt.
- Vid solelsinvesteringar prioriteras ett större solenergi projekt på över 100 kW finansierat med en PPA-modell (Power Purchase Agreement). Projektet görs i första hand i samarbete med Pargas Fjärrvärme Ab. I andra hand konkurrensutsätts upphandlingen.
- Gjorda energiinvesteringar, resultat och anskaffning av nya innovativa tekniker marknadsförs inom och utanför kommunen för extra synlighet och spridning av erhållen kunskap.
- Fortsättning av elavtal för elenergi producerad till 100 % med förnybara energikällor

- Investeringar i ventilationsutrustning prioriterar de där justerbarheten i nuläge är begränsad.

Dessa principer bidrar till en energieffektivare fastighetsmassa där fokus inte endast ligger på kostnadsmässiga aspekter utan även på en hållbar och miljövänlig utveckling.

Kompletterande material Diplomarbetets utkast samt presentationsmaterial

Förslag Pargas stad förbättrar kontinuerligt energieffektiviteten i fastighetsmassan i enlighet med målsättningen i Kommunsektorns energieffektiveringsavtal 2017–2025. Pargas stad strävar till att följa de beskrivna principer och riktlinjer vid energiinvesteringar riktade till fastighetsmassan i enlighet med föredragningen.

Beslut